차 례

실험, 실습, 탐구

참고

머 리 말

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《다른 기초과학도 그렇지만 최근년간에 세계적으로 생물학이 매우 빨리 발전하고있습니다.》

최근년간 생물학분야에서는 생명의 본질을 깊이 밝히고 그 성과를 인민경제와 인민생활향상에 적극 응용하기 위한 연구가 빠른 속도로 진행되고있다.

그리하여 생명현상의 물림새가 적지 않게 밝혀지고 생물공학적방법으로 새로운 동식물품종을 짧은 기간에 손쉽게 만들며 유전병을 비롯한 난치의 병들도 정확히 진단하여 치료할수 있는 전망이 열려진것을 비롯하여 여러가지 문제들이 해결되였다.

그러나 생물학분야에는 아직 할 일이 많다.

생물학분야에서는 농업, 축산업, 수산업 등 생물을 다루는 경제분야를 높은 과학적토대우에 올려세워 알곡과 남새, 고기와 알 등의 생산량을 늘이고 인민들의 건강을 보호증진시키며 나라의 생물자원을 더욱 늘이고 효과적으로 개발리용하는데서 나서는 문제들을 풀어 사회주의강성대국건설을 빨리 다그쳐나가는데 이바지하여야 한다.

6학년《생물》과목에서는 이 과업해결에 필요한 생물의 주요속성인 물질대사와 에네르기대사, 항상성과 행동, 생물의 생태 그리고 생물의 속성을 응용하는 분야인 생물공학과 그 리용, 생물학의 전망에 대하여 학습하게 된다.

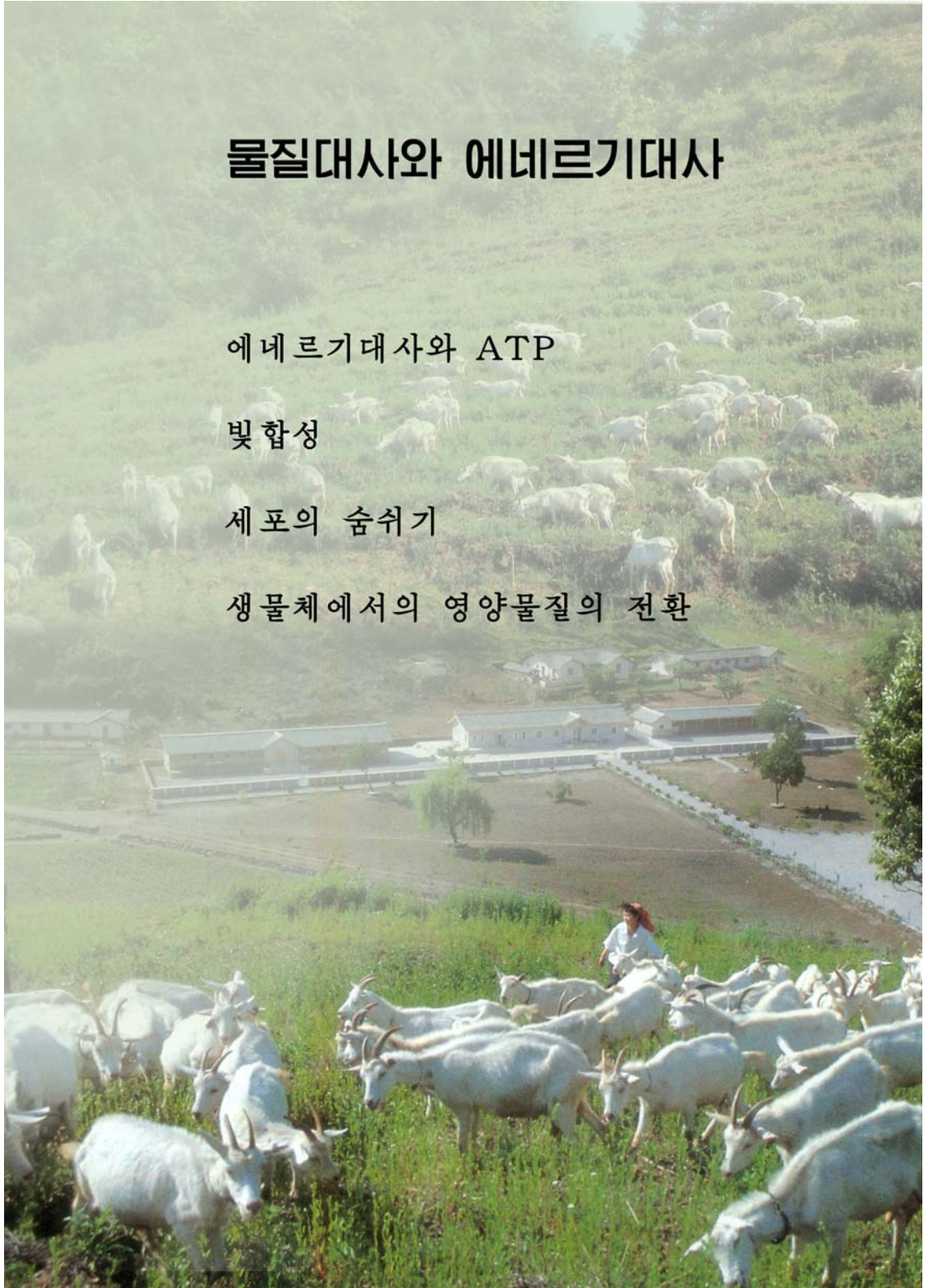
우리들은 6학년《생물》과목을 열심히 학습하여 위대한 장군님의 선군혁명령도를 과학과 기술로써 적극 받들어나갈수 있는 혁명인재로 튼튼히 준비해나가야 한다.

물질대사와 에네르기대사

에네르기대사와 ATP

빛합성

세포의 숨쉬기

생물체에서의 영양물질의 전환

제 1 장. 물질대사와 에네르기대사

물질대사와 에네르기대사는 생물이 살아가기 위한 필수조건이다. 세포에서 진행되는 물질 및 에네르기대사는 생화학반응들로서 합성반응과 분해반응으로 진행된다.

합성반응은 주위환경에서 받아들인 물질을 자기의 구성물질로 만드는 **동화과정**이며 분해반응은 자기의 일부 구성물질을 분해하고 분해한 최종산물을 몸밖으로 내보내는 **이화과정**이다.

식물의 동화과정에서 중요한것은 빛에네르기를 리용하여 이산화탄소(탄산가스)와 물로부터 유기물질을 만드는 빛합성이다. 동물은 당질, 기름질, 단백질을 받아들여 소화해서 다시 생체구성물질을 합성한다.

식물이나 동물의 이화과정은 산소를 흡수하여 유기물질을 분해하여 이산화탄소와 물을 형성하면서 에네르기를 내보내는 분해반응이다.

따라서 물질대사는 물질변화과정을 통털어 부르는 말이며 에네르기대사는 모든 에네르기전환과정을 이르는 말이다.

만일 생물체에서 물질 및 에네르기대사가 비정상적으로 진행된다면 병이 생기거나 생명활동이 멎을수 있다. 그러므로 물질 및 에네르기대사는 사람들의 건강증진과 생물생산, 동식물보호사업에서 중요한 문제이다.

제 1 절. 에네르기대사와 ATP

· 생물의 에네르기원천에는 어떤것들이 있는가?
· 생물체에서 에네르기전환은 어떻게 일어나는가?
· ATP란 무슨 물질이며 어떤 역할을 수행하는가?

전기기관차는 전기에네르기를 쓰면서 달리고 비행기, 자동차는 휘발유나 디젤유를 태우면서 생기는 에네르기에 의하여 움직인다. 생물도 생명활동을 수행하자면 에네르기를 리용하여야 한다.

생물체가 에네르기를 축적하고 리용하는 과정인 에네르기대사는 동화와 이화과정으로 진행된다. 동화는 에네르기를 흡수하는 반응이며 이화는 동화과정에 만들어진 유기물질의 결합에네르기를 내보내는 과정이다.

ATP는 동화과정과 이화과정의 에네르기전환에 참가하는 물질이다.

1. 생물의 에네르기원천

생물은 생활에 필요한 에네르기를 당질이나 기름질, 단백질에서 얻는다.

이 물질들은 보통 탄소원자들사이의 결합을 축으로 하고 거기에 수소나 산소원자 등이 결합되여 복잡한 구조를 이루고있다. 바로 생물은 이 원자들사이의 결합에네르기를 살아가는데 필요한 에네르기원천으로 하고있다.

생물은 당질, 기름질, 단백질의 원자들사이의 결합이 끊어질 때 거기에 들어있던 에네르기를 ATP에 저축하였다가 세포생활에 리용한다.

생물의 생활에 필요한 에네르기의 60～90％는 당질이 보장한다. 당질이 부족하면 에네르기를 얻는데 기름질이 리용되고 그것도 부족하면 단백질이 동원된다.

기름질이 분해될 때에는 당질이나 단백질이 분해될 때에 비하여 2.3배의 많은 에네르기가 나온다.

생각하기

○ 생물의 생활에 필요한 에네르기의 대부분을 당질이 보장하게 되는 원인은 무엇인가?

○ 겨울잠을 자는 젖먹이동물은 가을철에 기름질을 기름조직에 많이 축적하면서 겨울잠을 준비한다. 기름질이 겨울잠과 그 준비에 유리한 측면은 무엇인가?

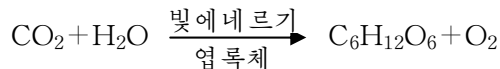
생물들을 에네르기원천을 얻는 방식에 따라 제영양생물, 남영양생물, 혼양생물로 나눈다.

제영양생물은 무기영양생물이다. 여기에는 풀색을 띤 모든 식물과 일부 세균이 속한다.

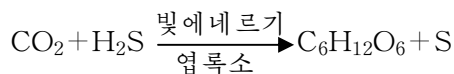
제영양생물은 빛합성생물과 화학합성생물로 나눈다.

빛합성생물의 에네르기원천은 태양빛이며 화학합성생물은 무기화합물의 산화환원반응에서 나오는 에네르기를 리용한다.

식물은 빛합성생물이다. 식물은 무기영양에 편리하게끔 세포안에 엽록체, 뿌리에 많은 뿌리털, 잎의 공기구멍, 넓은 겉면적을 가지고있다. 엽록체에 포함되여있는 엽록소의 도움으로 빛합성을 하면서 빛에네르기를 화학결합에네르기에로 전환시킨다. 빛에네르기는 물을 빛분해하면서 나오는 에네르기로 ATP를 합성한다. 이 ATP가 공기속의 CO_2과 H_2O로부터 복잡한 유기화합물합성에 리용된다.

$$CO_2 + H_2O \xrightarrow[\text{엽록체}]{\text{빛에네르기}} C_6H_{12}O_6 + O_2$$

※ 1mol의 CO_2동화에 470.4kJ이 든다.

풀색류황세균과 붉은색류황세균도 빛에네르기를 리용하여 유기물질을 만든다.(세균빛합성)

$$CO_2 + H_2S \xrightarrow[\text{엽록소}]{\text{빛에네르기}} C_6H_{12}O_6 + S$$

일부 세균은 화학합성생물로서 무기화합물의 산화반응에네르기를 리용하여 유기물질을 합성한다.

화학합성생물에는 여러가지 세균이 속한다.(표 1-1)

화학합성세균의 종류와 에네르기를 얻는 방식 표 1-1

세균의 종류	화학합성반응
류황세균	$H_2S + O_2 \rightarrow H_2O + S + E$
	$S + O_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + E$
아질산세균	$NH_3 + O_2 \rightarrow HNO_2 + H_2O + E$
질산세균	$HNO_2 + O_2 \rightarrow HNO_3 + E$
철세균	$FeSO_4 + H_2SO_4 + O_2 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + E$
수소세균	$H_2 + O_2 \rightarrow H_2O + E$
	$CO_2 + H_2O \xrightarrow{E} C_6H_{12}O_6 + O_2$
	E: 산화에네르기

남영양생물은 유기영양생물이다. 비루스, 대다수 세균, 균류와 동물이 속한다.

세균과 균류는 몸밖으로 효소를 내보내여 모든 생체물질을 변화시켜 리용하며 썩인다.

젖먹이동물은 먹이를 얻는데 필요한 감각기관, 신경계통, 운동기관을 가지고있으며 먹이를 소화흡수하기 위한 소화기관을 가지고있다.

생각하기

생체물질을 썩이는 세균이나 균류가 없다면 지구우에서 어떤 현상이 일어나겠는가?

혼양생물은 제영양도 하고 남영양도 하는 생물이다. 그 대표적인 생물은 유글레나이다. 유글레나는 빛조건에서는 빛합성을 하며 필요에 따라 특히 캄캄한데서는 유기물질을 《입》이나 몸걸면으로 받아들인다.

생각하기

효모, 버섯, 벼, 강냉이, 개구리, 꿀벌은 에네르기원천을 어떻게 얻는 생물인가?

2. 생물체에서의 에네르기전환

생물체에서 진행되는 에네르기전환에는 ATP가 참가한다.

생물체의 세포에서 에네르기는 열형태로 보관할수 없다. 그것은 생물체를 이루고 생명현상을 나타내는데서 가장 중요한 단백질이 높은 온도에 견딜수 없고 또한 열에네르기로 일하자면 비교적 온도차가 커야 하는데 세포에는 온도가 높은 곳과 낮은 곳이 따로 없기때문이다. 그러므로 세포의 생활과정에 에네르기를 쉽게 축적하였다가 쓸수 있는 생체물질인 ATP가 참가한다.

식물의 빛합성과정에 빛에네르기는 CO_2과 H_2O로부터 유기물질을 합성하는데 직접 쓰이지 못하고 ATP형태로 전환되였다가 리용된다. 숨쉬기과정에 유기화합물의 결합에네르기도 ATP형태로 저축되였다가 세포의 여러가지 기능수행에 리용된다.

ATP는 높은에네르기화합물이다. ATP는 질소염기인 아데닌, 5탄당인 리보즈, 3개의 린산잔기로 이루어져있다.

높은에네르기결합은 보통의 화학결합과 구별하여 《∽》로 나타낸다.

ATP는 두개의 높은에네르기결합을 가지는데 ATP아제에 의하여 ATP $\xrightarrow{+H_2O}$ ADP+Ⓟ로 물분해된다. 이때 일반화학결합에네르기가 끊어질 때 나오는 12kJ/mol보다 많은 40kJ/mol정도의 에네르기가 나온다. 그러므로 ADP+Ⓟ로부터 ATP가 합성되자면 40kJ/mol이상의 에네르기가 보장되여야 한다.

높은에네르기화합물에는 ATP밖에 UTP, GTP, CTP 등이 있다.

※ ATP는 1929년에 로만에 의하여 발견되였다. 색없는 결정성물질인데 젖먹이동물의 뼈힘살에 0.4%정도 포함되여있다. 오리심장으로부터 추출정제하여 얻을수 있으며 효모를 배양하여 리보핵산을 얻고 그것으로부터 ATP를 만들수도 있다.

높은에네르기화합물가운데서 중요한것은 ATP이다.

생물체에서 진행되는 에네르기전환은 크게 세가지로 나누어볼수 있다.

첫째로, 해빛에네르기가 화학에네르기로 전환되여 포도당을 비롯한 유기물질속에 저축되는 빛합성과정이다.

먼저 빛에네르기는 엽록체에서 ADP+Ⓟ ⟶ ATP반응(빛린산화)을 거쳐 ATP에 저축된다. 엽록체에서는 사립체에서보다 30배이상 더 많은 ATP가 합성된다. ATP가 분해될 때 나오는 에네르기가 CO_2과 H_2O로부터 포도당인 $C_6H_{12}O_6$을 비롯한 유기화합물합성반응에 쓰인다. 결과 빛에네르기가 유기화합물의 결합에네르기형태로 저축된다.

포도당이 완전히 불탈 때 2 825kJ/mol의 에네르기가 나온다. 그런데 지구우에서 1년에 포도당으로 환산하여 2×10^{11}t의 유기물질이 합성된다. 매해 유기물질속에 축적되는 에네르기량은 얼마인가?

둘째로, 포도당과 같은 유기물질이 분해될 때 나오는 산화에네르기에 의하여 ATP가 합성되는 숨쉬기과정이다.

숨쉬기과정은 세포질과 사립체에서 진행된다. 세포질에서는 매우 적은 량의 ATP밖에 생기지 않고 기본 ATP합성은 사립체에서 산소를 많이 받아들이면서 진행된다. 숨쉬기과정에 유기물질 례컨대 포도당 1mol(180g)이 CO_2과 H_2O로 완전히 산화분해되면서 화학결합에 들어있던 2 870kJ의 에네르기가 나온다.

그 에네르기의 절반쯤이 ADP+Ⓟ ⟶ ATP반응(산화적린산화)을 거쳐 ATP에 저축된다. 에네르기의 적지 않은 몫은 열형태로 나와 체온을 보장하며 원형질운동 및 생화학반응속도를 높이는데 작용한다.

셋째로, ATP의 에네르기가 여러가지 생물학적과정들에 리용되는것이다.

세포에서 에네르기공급체로 직접 쓰이는것은 거의 ATP밖에 없다. ATP가 ATP아제에 의하여 ATP+H_2O ⟶ ⟶ADP+Ⓟ로 물분해되면서 나오는 에네르기가 세포의 모든 기능을 수행하는데 리용된다. 여러가지 생합성과 분해, 력학적일(세포분렬때의 물들체이동, 힘살수축 등), 막을 통한 물질의 능동나르기, 신경의 흥분전도과정에서 막전위의 유지, 각이한 분비선의 물질분비과정 등에 에네르기를 보장한다.

례를 들면 대장균세포에서 생활에 필요한 에네르기의 88%가 단백질합성에 쓰인다.

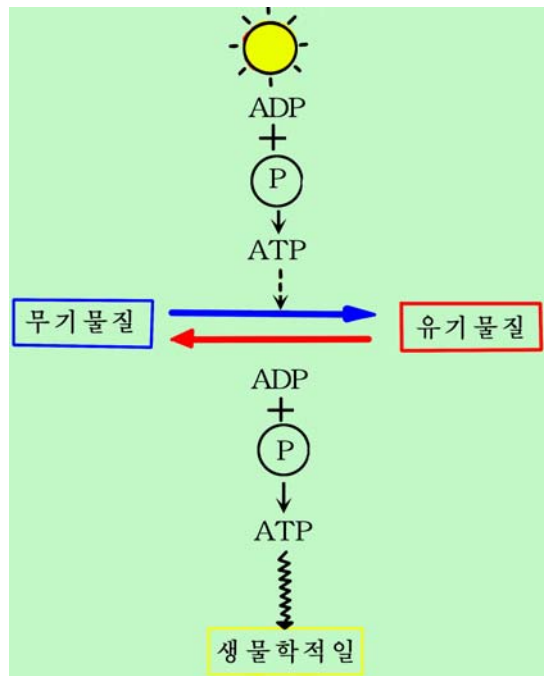



그림 1-1. 빛린산화와 산화적린산화 및 ATP의 리용

포도당이 분해되려면 먼저 효소인 키나제의 촉매밑에 ATP로부터 린산잔기 한 개를 넘겨받아 포도당-6-린산으로 되여야 한다. 이때 포도당＋ATP ⟶ 포도당－6-린산＋ADP반응에서 ATP의 높은 에네르기가운데서 12kJ만이 포도당-6-린산합성에 쓰이고 나머지 28kJ은 열로 된다. 이렇게 ATP가 쓰일 때에도 그의 높은에네르기결합에 들어갔던 많은 에네르기가 열로 나온다. 이 열은 체온보장 등에 리용된다.

우의 에네르기전환의 세가지 과정을 종합적으로 표시하면 그림 1-1과 같다.

문 제

1. 동화과정과 이화과정이란 무엇인가?
2. 생활과정에 필요한 에네르기원천을 얻는 방식에 따라 생물들을 어떻게 나누는가?
3. ATP는 어떤 물질인가?
4. 생물체에서 에네르기전환은 어떻게 일어나는가?

참 고

생명활동에 필요한 에네르기(몸질량 67.5kg인 어른)

활동종류	에네르기소비/kJ·h^{-1}
앉아서 글을 쓸 때	117
산보할 때	661~967
수영할 때	2 239
자전거를 탈 때	711～2 152
춤출 때	845～2 507
천천히 뛸 때	3 621

제2절. 빛 합 성

・빛합성이란 무엇인가?
・빛합성색소에는 어떤것이 속하며 식물체의 어디에 있는가?
・빛반응과 CO_2고정반응은 어떻게 수행되는가?

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《농작물의 정당수확고를 높이는 커다란 예비는 생물학적연구사업을 강화하며 그 성과를 농업생산에 널리 적용하는데 있습니다.》

농작물의 정당수확고를 높이기 위해서는 빛합성과정을 잘 알아야 한다. 그것은 농작물이 빛합성에 의하여 유기물질을 합성하면서 자라기때문이다.

그러므로 빛합성의 물림새를 밝히고 그 조절방도를 찾는것은 농작물의 정당수확고를 높이는데서 중요한 방도의 하나로 된다.

빛합성이란 엽록소를 가지고있는 식물세포에서 태양빛에네르기를 리용하여 CO_2과 H_2O로부터 유기물질을 합성하면서 산소를 내보내는 생리적과정을 말한다.

식물체의 빛합성기관은 잎이며 따라서 빛합성유기물질을 많이 생산하려면 잎면적을 늘여야 한다.

※ 빛합성속도는 단위생체량이 단위시간동안에 흡수하는 CO_2 혹은 내보내는 O_2의 량으로 표시된다.

CO_2mg/잎dm^2・h

벼는 15～25, 강냉이는 25～50 CO_2mg/잎dm^2・h이다.

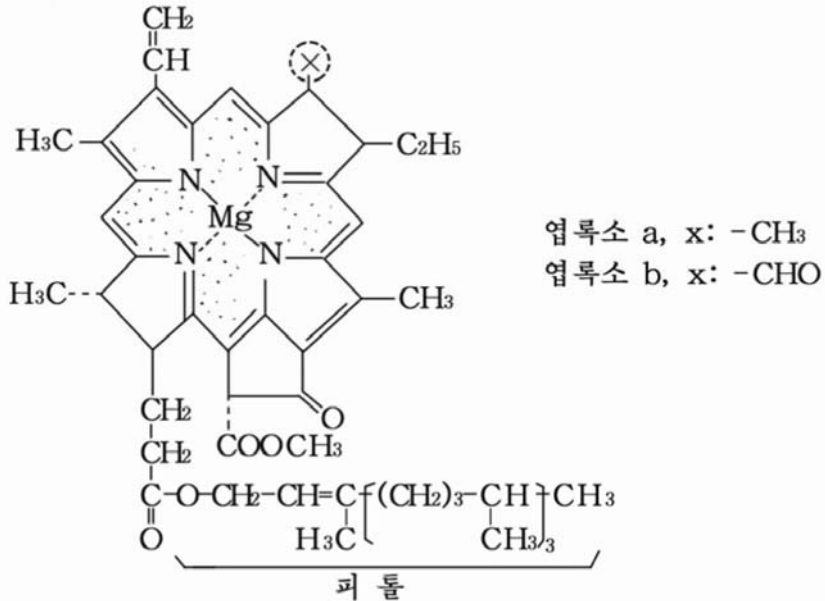
빛합성반응은 빛반응과 CO_2고정반응으로 진행된다. 빛반응은 엽록체의 주머니모양체막에서 진행되고 CO_2고정반응은 엽록체의 기질에서 진행된다.

1. 빛 반 응

빛합성색소. 빛반응은 엽록체의 주머니모양체막의 빛합성색소에 의하여 진행된다.

빛합성색소들인 엽록소 a와 b, 카로티노이드인 카로틴과 크산토필은 주머니모양체막의 기름질층에 정연하게 배렬되여있다. 빛합성색소에서 기본은 엽록소 a이며 다른것들은 빛에네르기를 흡수하여 그것을 엽록소 a에 넘겨준다.

엽록소는 두개의 -COOH와 메틸알콜 및 불포화1가알콜인 피톨과의 디에스테르결합으로 이루어졌다.

※ 엽록소 a와 b의 구조는 다음과 같다.

빛합성색소 표 1-2

색 소	분 자 식	색 갈
엽록소 a	$C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$	푸른 풀색
엽록소 b	$C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$	누런 풀색
카로틴	$C_{40}H_{56}$	누런 빨간색
크산토필	$C_{40}H_{56}O_2$	누런색

빛합성색소는 에테르, 휘발유, 아세톤, 메틸알콜 등 기름용해성용매에 잘 풀린다.

해보기

빛합성색소는 엽록체에 들어있으며 물에 풀리지 않는다.

물에 풀리지 않는 카로티노이드인 누런 빨간색소와 누런 색소는 엽록소와 달리 식물체의 다른 부분들에도 있다. 어떤 부분에 있는가를 찾아보고 써보아라.

물에 풀리는 색소들은 어떤 식물들 그리고 식물체의 어느 부분에 들어있는가를 알아보고 써보아라.

엽록소는 산의 작용으로 Mg^{2+}가 두개의 H^+와 바뀐 밤색의 페오피틴으로 변한다. 그러므로 식초를 친 시금치나물을 오래 두면 밤색으로 되거나 여름철에 벤 풀을 쌓아놓으면 세포안에 유기산이 생기면서 누런 밤색으로 변한다.

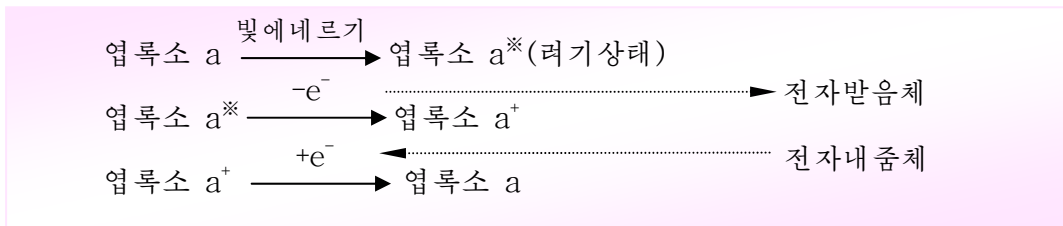
빛반응과정. 엽록소분자에는 2중결합이 많기때문에 빛흡수가 세게 일어난다. 엽록소는 파장이 640～670㎚인 붉은색과 430～460㎚인 푸른색을 흡수하고 풀색부분은 반사하거나 투과시킨다.

엽록소 a가 빛에네르기를 흡수하면 려기상태(활성상태)로 된다. 려기된 엽록소 a분자는 높은 에네르기를 가진 전자를 내보내면서 산화된다. 산화된 엽록소 a분자는 물의 빛분해과정에 생기는 OH^-로부터 전자를 받아 본래의 엽록소 a상태로 환원된다.

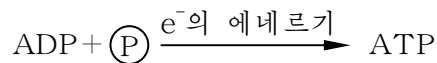
결국 엽록소 a분자는 빛반응과정에 직접 산화환원된다.

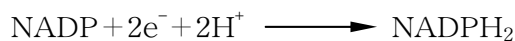
$$엽록소\ a \xrightarrow{빛에네르기} 엽록소\ a^{※}(려기상태)$$

$$엽록소\ a^{※} \xrightarrow{-e^-} 엽록소\ a^+ \quad \cdots\cdots\rightarrow 전자받음체$$

$$엽록소\ a^+ \xrightarrow{+e^-} 엽록소\ a \quad \leftarrow\cdots\cdots 전자내줌체$$

※ 빛반응계에서 전자받음체는 NADP이며 전자내줌체는 OH^-의 전자이다.

려기된 엽록소 a분자에서 높은 에네르기를 가진 전자를 내보낸다. 그 전자가 빛반응계의 에네르기수준이 높은 전달체로부터 낮은 전달체로 내려가면서 그의 에네르기가 ATP에 저축된다. 이렇게 엽록체에서 빛에 의하여 ATP가 만들어지는 현상을 **빛린산화**라고 부른다.

$$ADP + Ⓟ \xrightarrow{e^-의\ 에네르기} ATP$$

려기된 엽록소 a분자에서 나온 e^-는 ATP를 만들고 나중에는 물로부터 생긴 H^+와 함께 NADP를 환원시킨다.

$$NADP + 2e^- + 2H^+ \longrightarrow NADPH_2$$

결과 빛반응과정에 려기된 엽록소 a분자에서 나온 전자의 에네르기에 의하여 ATP와 $NADPH_2$이 형성된다.

※ 빛에네르기는 물을 직접 분해하지 못한다. 그러나 물이 분해되는데 빛이 반드시 필요하다고 하여 **물의 빛분해**라고 한다.

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

물의 빛분해에서 생긴 OH^-의 e^-는 산화된 엽록소 a^+를 환원하고 유리라디칼(활성이 센것) OH로 된다. OH는 서로 작용하여 물과 산소로 된다.

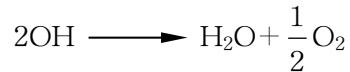
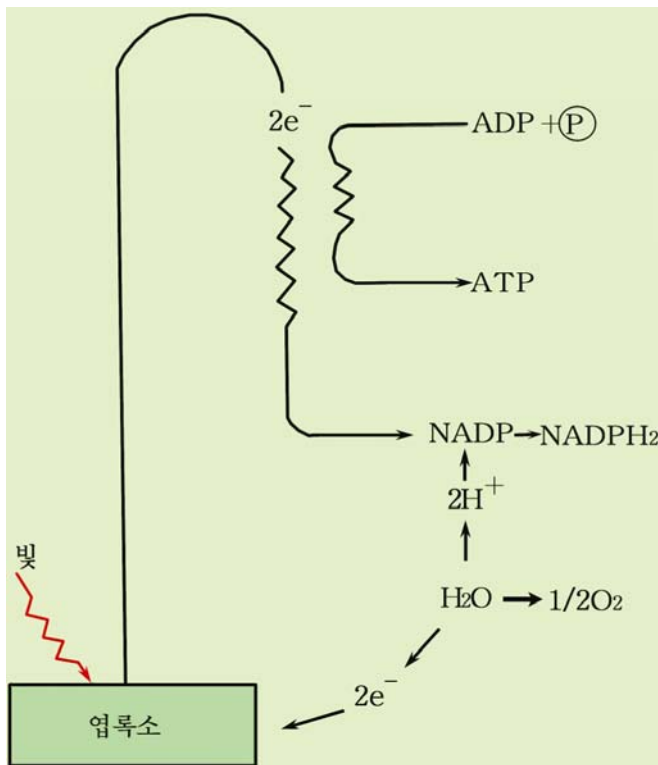
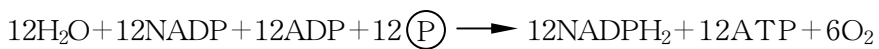
$$2OH \longrightarrow H_2O + \frac{1}{2}O_2$$

빛반응을 종합하면 그림 1-2와 같다.

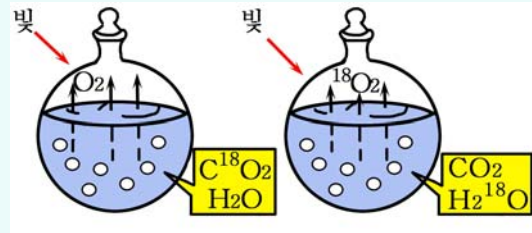
그림 1-2. 빛반응

$$12H_2O + 12NADP + 12ADP + 12Ⓟ \longrightarrow 12NADPH_2 + 12ATP + 6O_2$$

빛합성의 빛반응과정에서 ADP, H_3PO_4, NADP, H_2O로부터 CO_2고정반응에 필요한 $NADPH_2$, ATP가 생기고 O_2이 나온다. O_2은 공기구멍을 통해 밖으로 나온다.

산소발생실험

다음의 그림은 1941년에 한 학자가 진행한 실험을 보여준다.

반응계에는 잎에서 분리한 엽록체들이 들어있다.

이 학자가 무엇을 해명하려고 실험을 진행하였겠는가, 어떤 사실을 발견하였겠는가를 밝혀라.

잎의 빛합성색소분리

준비

꽃아욱이나 시금치 등 색이 진한 식물의 잎, 약절구, 유리가루나 쪼각, 가위, 시험관(2cm×19cm), 고무마개, 깔때기, 삼각플라스크, 시험관대, 실관피페트, 려과종이, 알콜, 휘발유, 피페트

방법

1) 2～3g의 잎을 가위로 썰어 유리가루와 함께 약절구에 넣고 알콜을 조금 부어넣은 다음 보드랍게 갈고 전체 알콜량이 10mL 되게 한다.

2) 색소우림액을 깔때기와 원형려과종이를 리용하여 삼각플라스크에 거른다.

3) 려과종이의 발을 따라 자른 폭 1.5cm의 려과종이띠를 고무마개홈에 끼워 시험관에 맞추어보면서 려과종이가 바닥에서 5mm쯤 떨어지게 조절해놓는다. ①

실관피페트로 색소액을 려과종이띠끝에서 2cm가량 떨어진 자리에 조금씩 묻혀 말린 다음 또 묻히기를 30～50번 한다. 이때 색소액이 묻은 점에 구멍이 생기지 않도록 하며 점의 직경을 3～5mm 넘지 않게 한다. ②

4) 시험관바닥에 1cm쯤 올라오게 휘발유를 넣는다. 다음 마개에 매달린 려과종이를 시험관에 넣고 마개를 막는다. 다음 시험관은 시험관대에 꽂아세운다. 그러면 전개용매인 휘발유는 려과종이띠를 따라 우로 퍼지면서 색소를 함께 끌고 올라간다. 용매가 려과종이의 거의 끝에 이르면 마개와 함께 꺼내서 말린다. ③

분석과 토론

○ 몇가지 색소가 분리되며 색소우림액을 묻힌 점에는 무슨 물질이 남겠는가?

○ 색소들의 이동도 R_f는 무엇을 보여주는가?

결과처리

○ 려파종이우에 갈라진 색소들의 둘레를 연필로 표시하고 색소에 해당한 이름을 써넣고 그 량을 비교하여본다.

○ 색소들의 R_f(이동도)를 구한다.

$$R_f = \frac{\ell}{\ell_0}$$

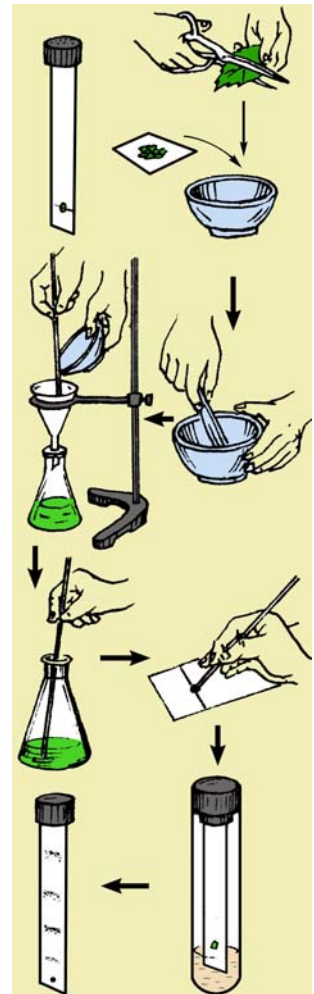
ℓ : 색소의 이동거리

ℓ_0: 용매의 이동거리

주의할 점

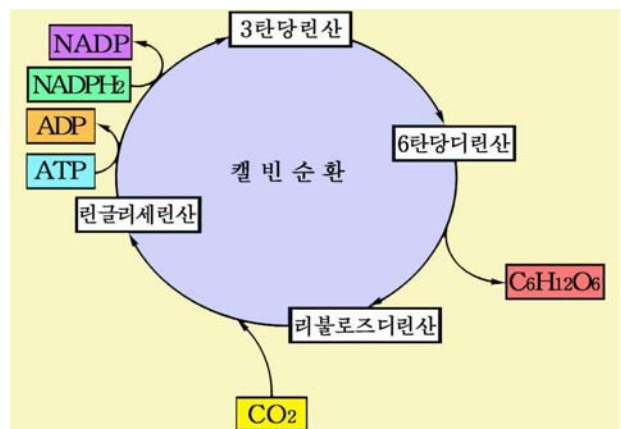
① 려파종이띠에 손으로부터 기름이 묻지 않게 하여야 한다.

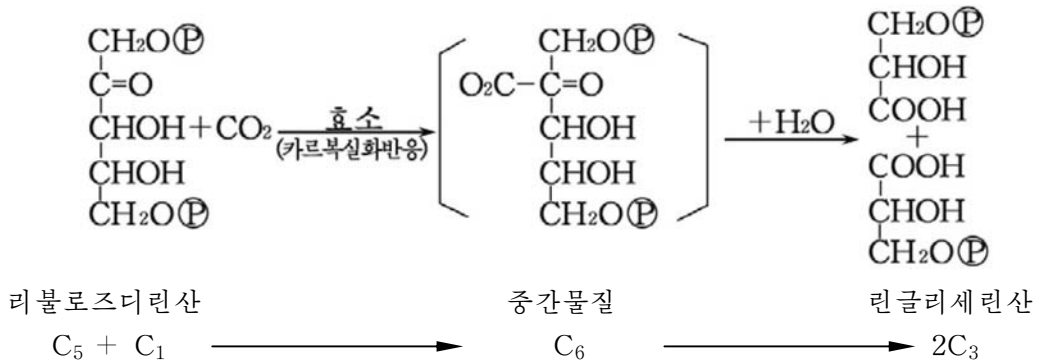
② 색소를 려파종이띠에 묻힌 다음 잘 말리워야 한다.

③ 용매인 휘발유가 려파종이띠의 끝부분 2cm정도 전까지 오르게 하며 끝을 넘지 않게 하여야 한다.

2. CO_2고정반응

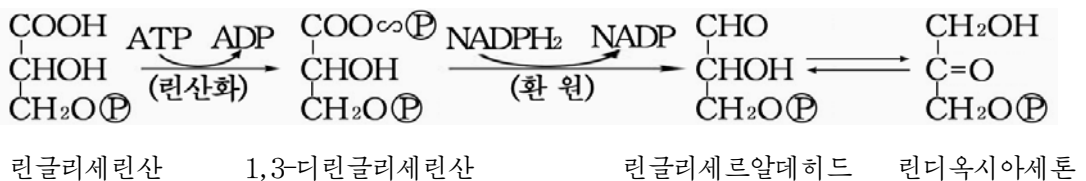
CO_2고정반응의 경로들가운데서 중요한것은 캘빈순환이다.

캘빈순환은 CO_2받음체인 5탄당인 리불로즈디린산이 재생되면서 CO_2을 환원하는 경로이다.

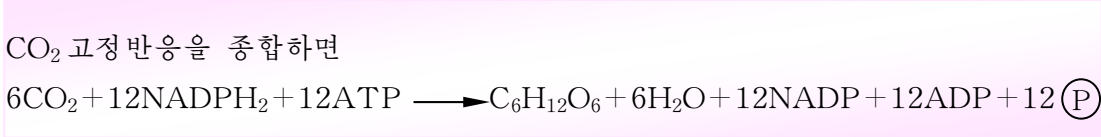
※ 캘빈순환은 1948년부터 1955년까지의 기간에 캘빈에 의하여 밝혀졌다.

캘빈은 떼마름에 C의 방사성동위원소 ^{14}C로 된 $^{14}CO_2$을 공급하면서 빛합성을 시켰다. 그러면서 짧은 시간간격으로 시료를 취하여 ^{14}C를 가진 성분들은 갈라냈다. 다음 방사선자가촬영으로 $^{14}CO_2$의 변화과정을 따라가면서 알아보았다. 그리하여 CO_2고정반응에서 진행되는 환원적5탄당린산순환의 개별적반응들을 밝혀냈다.

캘빈순환의 첫 반응은 CO_2고정이다. CO_2은 리불로즈디린산과 결합하여 불안정한 중간물질인 C_6화합물을 만들고 그로부터 두 분자의 린글리세린산이 형성된다.

CO_2을 리불로즈디린산에 고정시키는 효소를 리불로즈디린산카르복실라제라고 부른다. 이 효소가 빛합성의 CO_2고정반응속도를 좌우한다.

C_3화합물인 린글리세린산이 빛합성의 첫 산물이다.

빛반응산물인 ATP와 $NADPH_2$은 린글리세린산을 환원하여 3탄당린산을 만드는데 쓰인다.

3탄당인 린글리세르알데히드와 린디옥시아세톤이 알돌라제(C-C결합촉매효소)에 의하여 과당-1,6-디린산으로 축합되고 그것으로부터 포도당-6-린산을 거쳐 포도당이 만들어진다.

CO_2 고정반응을 종합하면

$$6CO_2 + 12NADPH_2 + 12ATP \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 12NADP + 12ADP + 12Ⓟ$$

빛합성에서 생긴 포도당으로부터 사탕, 농마 더 나아가서는 기름질, 단백질이 합성된다.

우에서 본바와 같이 빛합성은 물질변화과정이며 빛에네르기를 유기물질의 화학결합에네르기로 고정시키는 에네르기전환과정이다.

※ **C_4-식물의 빛합성**. CO_2고정경로의 다른 하나는 C_4-디카르본산합성이다.

캘빈순환이 발표된 후 많은 식물들에서 CO_2고정반응을 검토하였다. 결과 밀, 보리, 벼, 콩, 담배, 시금치 등의 식물들에서 캘빈순환이 확인되였다. 그런데 1960년대 후반기에 열대지방식물의 CO_2고정반응은 빛합성의 첫 산물이 C_3인 린글리세린산이 아니라 C_4-디카르본산인 싱아초산이며 그로부터 사과산이나 아스파라긴산이 형성된다는것을 알게 되였다. 그래서 빛합성의 첫 산물이 C_3인 식물은 C_3-식물, C_4인 식물을 C_4-식물이라고 부르게 되였다. 강냉이, 수수, 사탕수수, 피 등 대체로 열대지방기원식물이 C_4-식물이다. C_4-식물은 CO_2고정반응을 잎살세포와 잎줄을 중심으로 하는 관묶음집세포의 협동작용으로 수행하며 빛합성속도가 C_3-식물보다 2배이상 빠르다.

문 제

1. 빛반응에서 엽록소는 어떤 작용을 하는가?

2. 캘빈순환의 기본반응은 무엇인가를 써보아라.

3. 빛합성의 빛반응과 CO_2고정반응의 다른 점을 다음표에 정리하고 그 호상관계를 설명하여라.

반 응	반응이 진행되는 곳	반응에 쓰이는 물질	반응에서 생기는 물질	반응에 영향을 주는 요인
빛반응 CO_2고정반응				

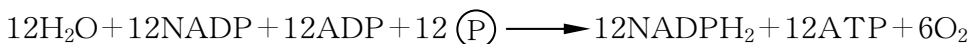
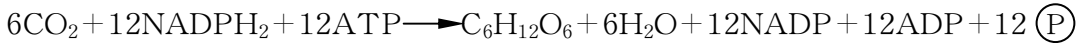
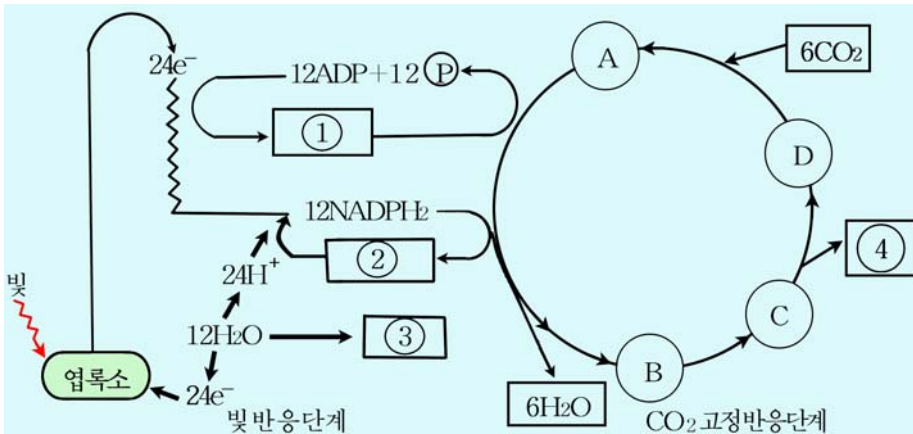
4. 잎면적을 늘이고 빛합성기간을 길게 해주며 CO_2을 충분히 보장해주자면 어떻게 해야 하는가?

5. 빛합성의 빛반응과 CO_2고정반응에 참가하는 출발물질들과 반응생성물의 물질량비는 다음과 같다.

빛반응

$$12H_2O + 12NADP + 12ADP + 12\,\text{Ⓟ} \longrightarrow 12NADPH_2 + 12ATP + 6O_2$$

CO_2고정반응

$6CO_2 + 12NADPH_2 + 12ATP \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 12NADP + 12ADP + 12$ Ⓟ

빛합성과정의 매개 고리들은 서로 밀접히 련관되여있다. 그러므로 한 고리가 장애되면 다른 고리도 장애를 받게 된다.

그림에서 ①~④까지의 빈칸에 물질이름과 물질량비를 써넣어라.

그림에서 Ⓐ ~ Ⓓ에 해당한 물질이름을 써넣어라.

빛숨쉬기

빛합성의 CO_2고정반응에 참가하는 리불로즈디린산카르복실라제는 세포나 엽록체안에 CO_2함량이 낮고 O_2함량이 높을 때에는 빛조건에서 옥시게나제로 작용한다. 결과 리불로즈디린산이 O_2에 의해서 분해된다. 이때 생기는 글리콜산린산이 글리콜산으로 전환되여 글리콜산순환을 거쳐 CO_2과 H_2O로 분해된다. 이것을 **빛숨쉬기**라고 부른다.

빛숨쉬기에서는 유기물질분해과정에 나오는 에네르기가 ATP로 합성되지 못한다. 그러므로 빛숨쉬기는 빛합성산물의 헛된 소비과정이다.

례컨대 C_3-식물인 콩에서는 빛숨쉬기에 의하여 낮에 만든 빛합성산물의 30~50%를 소비한다.

그런데로부터 현재 생물학에서는 C_3-식물의 빛숨쉬기를 억제하거나 C_3-식물을 빛숨쉬기가 거의 없는 C_4-식물로 전환시키기 위한 연구사업을 활발히 벌리고있다.

【실험】 빛합성속도에 미치는 빛, 온도의 영향

준비

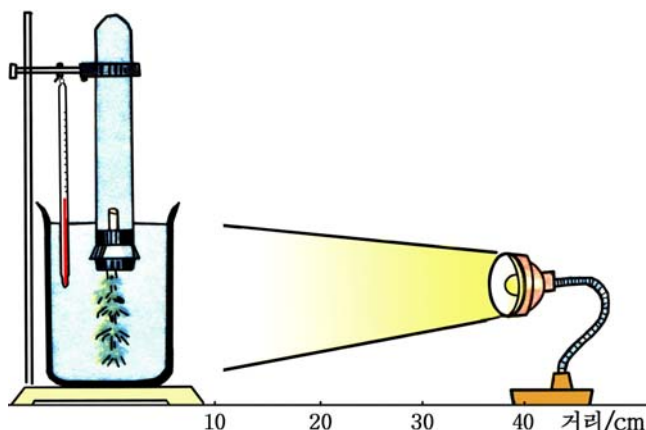
물살이식물(붕어마름이나 물수세미), 시험관, 구멍이 뚫린 고무마개, 큰 비커, 솜, 탁상등, 온도계, 초시계, 고정대, 더운물, 얼음

방법

1) 물살이식물을 10∼15cm 길이로 잘라서 줄기아래부분을 조심스럽게 솜으로 감아서 고무마개의 구멍에 끼우고 물을 채운 시험관에 맞춘 다음 그림처럼 물을 넣은 큰 비커에 설치한다. ①

2) 큰 비커의 물온도를 10℃로 조절하고 광원과의 거리를 20, 30, 40cm로 조절하면서 1분동안에 줄기자름면에서 나오는 기체방울수를 센다. ②

3) 물의 온도를 20, 30, 40℃로 조절하면서 같은 방법으로 실험을 한다.

4) 실험을 같은 조건에서 3번씩 진행하고 얻어진 값을 산수평균한다.

결과처리

산수평균값을 다음표에 정리한다.

물온도/℃ \ 광원거리/cm	10	20	30	40
20				
30				
40				

표의 자료에 기초하여 그라프를 그려본다.

그라프는 x축에 광원거리 20, 30, 40cm로 하여 y축에 기체방울수/min으로, 또 x축에 온도 10, 20, 30, 40℃로 하여 y축에 기체방울수/min으로 그린다.

분석과 토론

빛합성속도에 영향을 미치는 빛세기와 온도사이의 관계가 그라프처럼 나타나는 원인은 무엇인가?

주의할 점

① 식물의 줄기자름면우에는 잎이 떨어지거나 줄기가 꺾어져 생긴 상처가 없어야 한다.

② 기체방울수를 셀수 있도록 평균 1분동안에 30～40방울 나오게 줄기자름면을 조절하여야 한다.

제 3 절. 세포의 숨쉬기

- 숨쉬기란 무엇인가?
- 숨쉬기의 기본물질변화과정은 어떻게 일어나는가?
- 산소숨쉬기의 마지막단계인 전자전달계는 어떤 역할을 노는가?

생물이 살아가며 여러가지 기능을 수행하는데는 반드시 에네르기가 필요하다. 그 에네르기는 유기물질의 분해과정에 얻는다. 생물이 유기물질을 분해하여 살아가는데 필요한 에네르기를 얻는 생리적과정을 숨쉬기라고 한다.

숨쉬기는 바깥숨쉬기와 속숨쉬기로 나눈다.

바깥숨쉬기는 생물체와 주위환경사이에 진행되는 가스교환이다. 바깥숨쉬기는 속숨쉬기인 세포숨쉬기에 필요한 산소를 보장해주고 거기에서 생긴 이산화탄소를 내보내는 과정이다.

바깥숨쉬기는 식물체에서 공기구멍과 몸겉면을 통하여 진행된다. 동물에서는 종류에 따라 몸겉면, 아가미, 페 등을 통하여 숨을 쉰다.

진정한 숨쉬기는 세포의 숨쉬기이다. 따라서 **숨쉬기**란 세포안에서 에네르기원천인 유기물질을 CO_2과 H_2O로 산화분해하면서 생활에 필요한 에네르기를 얻는 생리적과정이다.

그러므로 숨쉬기의 물림새를 깊이 인식하는것은 그것을 조절지배하여 농업을 비롯한 생물을 다루는 경제분야의 생산을 늘이는데서 중요한 의의를 가진다.

숨쉬기는 물질변화과정인 당분해 및 레몬산순환과 전자전달과정으로 이루어진다.

1. 물질변화과정

숨쉬기의 물질변화과정은 숨쉬기기질로부터 시작된다.

숨쉬기기질이란 숨쉬기에 리용하는 유기물질로서 여기에는 당질, 기름질, 단백질이 속한다. 당질이 먼저 숨쉬기에 리용되고 그것이 없으면 기름질, 단백질순서로 쓰인다.

당분해(숨쉬기의 1단계)

포도당이 세포질에서 산소의 참가없이 피루빈산으로 분해되는 과정을 **당분해**(글리콜리즈)라고 부른다.

먼저 포도당이 ATP의 에네르기를 받아 반응하기 쉬운 활성상태의 포도당-6-린산으로 된다.

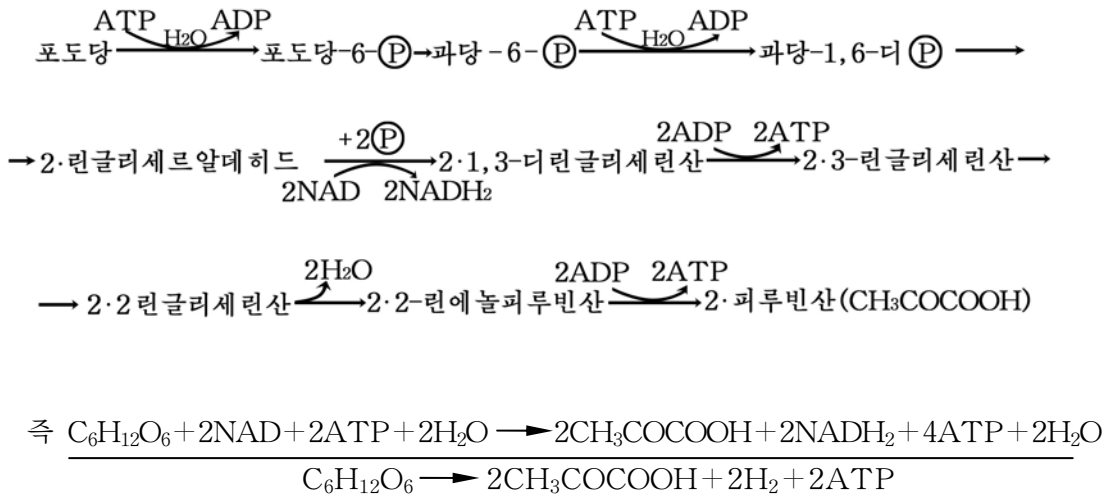
포도당-6-린산은 효소들의 촉매작용으로 파당-6-린산을 거쳐 파당-1,6-디린산으로 변한다. 파당-1,6-디린산은 분자의 량끝에 음전기를 띤 린산기를 가지고있으므로 린산기들사이에 정전기적반발력이 작용한다. 그래서 3번탄소와 4번탄소사이의 결합이 끊어진다.

포도당 —(ATP, H_2O → ADP)→ 포도당-6-Ⓟ → 파당-6-Ⓟ —(ATP, H_2O → ADP)→ 파당-1,6-디Ⓟ →

→ 2·린글리세르알데히드 —(+2Ⓟ, 2NAD → $2NADH_2$)→ 2·1,3-디린글리세린산 —(2ADP → 2ATP)→ 2·3-린글리세린산 →

→ 2·2린글리세린산 —(→ $2H_2O$)→ 2·2-린에놀피루빈산 —(2ADP → 2ATP)→ 2·피루빈산($CH_3COCOOH$)

즉 $C_6H_{12}O_6 + 2NAD + 2ATP + 2H_2O \longrightarrow 2CH_3COCOOH + 2NADH_2 + 4ATP + 2H_2O$

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2CH_3COCOOH + 2H_2 + 2ATP$$

포도당이 가지고있던 에네르기의 대부분이 2mol의 피루빈산에 남아있게 된다.

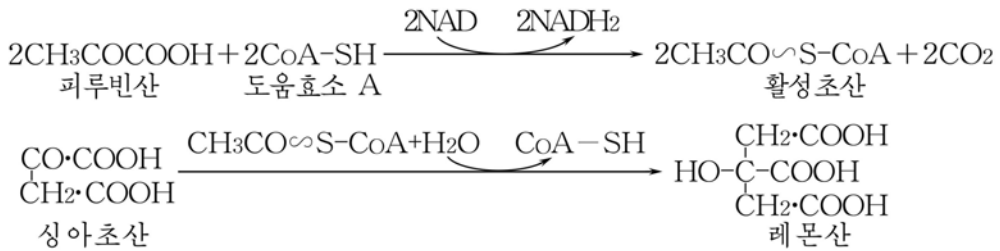
포도당 1mol이 당분해과정을 거치면 2mol의 피루빈산과 2ATP, $2NADH_2$이 생긴다.

레몬산순환(트리카르본산순환, 크렙스순환)(숨쉬기의 2 단계)

당분해과정에 만들어진 피루빈산은 산소가 있는 조건에서는 세포질로부터 사립체에 들어가 CO_2과 H_2O로까지 완전히 산화분해된다.(산소숨쉬기)

피루빈산은 수소떼기효소와 탄산떼기효소의 작용을 받아 H_2과 CO_2을 내보내면서 활성초산으로 된다. 활성초산은 싱아초산과 결합하여 레몬산으로 된다.

$$\underset{\text{피루빈산}}{2CH_3COCOOH} + \underset{\text{도움효소 A}}{2CoA\text{-}SH} \xrightarrow{2NAD \;\; 2NADH_2} \underset{\text{활성초산}}{2CH_3CO\sim S\text{-}CoA} + 2CO_2$$

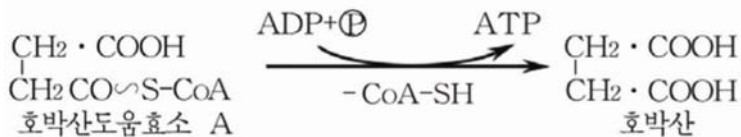
$$\underset{\text{싱아초산}}{\begin{matrix} CO\cdot COOH \\ | \\ CH_2\cdot COOH \end{matrix}} \xrightarrow{CH_3CO\sim S\text{-}CoA+H_2O \;\; CoA-SH} \underset{\text{레몬산}}{\begin{matrix} CH_2\cdot COOH \\ | \\ HO\text{-}C\text{-}COOH \\ | \\ CH_2\cdot COOH \end{matrix}}$$

레몬산순환에서 유기산의 -COOH의 CO_2은 탄산떼기효소에 의하여 떨어져나가며 수소는 수소떼기효소의 도움효소인 NAD, FAD에 의하여 떨어진다.

레몬산으로부터 이소레몬산을 거쳐 CO_2이 떨어지고 $NADH_2$이 생기면서 α-케토글루타르산으로 전환된다.

α-케토글루타르산은 호박산→푸마르산→싱아초산으로 전환되여 레몬산순환이 이루어진다.

레몬산순환에서 ATP도 합성된다.

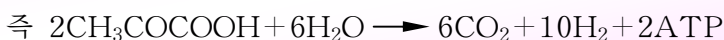
실례로 호박산도움효소 A로부터 호박산이 생길 때 ATP가 합성된다.

$$\underset{\text{호박산도움효소 A}}{\begin{matrix} CH_2\cdot COOH \\ | \\ CH_2CO\sim S\text{-}CoA \end{matrix}} \xrightarrow[-CoA\text{-}SH]{ADP+Ⓟ \;\; ATP} \underset{\text{호박산}}{\begin{matrix} CH_2\cdot COOH \\ | \\ CH_2\cdot COOH \end{matrix}}$$

이렇게 기질이 산화될 때 기질자체에 직접 높은에네르기결합이 생기면서 진행되는 린산화를 **기질린산화**라고 부른다.

레몬산순환을 종합하면

$2CH_3COCOOH + 6H_2O + 8NAD + 2FAD + 2ADP + 2Ⓟ \longrightarrow$

$\longrightarrow 6CO_2 + 8NADH_2 + 2FADH_2 + 2ATP$

즉 $2CH_3COCOOH + 6H_2O \longrightarrow 6CO_2 + 10H_2 + 2ATP$

2. 전자전달계(숨쉬기의 3 단계)

생물체에서 에네르기원천으로 리용되는 대다수 유기물질은 많은 에네르기를 가진 환원된 화합물이므로 생체산화환원반응에서 전자받음체로 작용하는 O_2이 직접 반응한다면 일시에 에네르기가 열로 방출된다.(불타기)

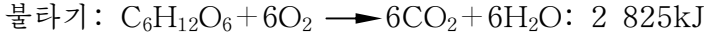
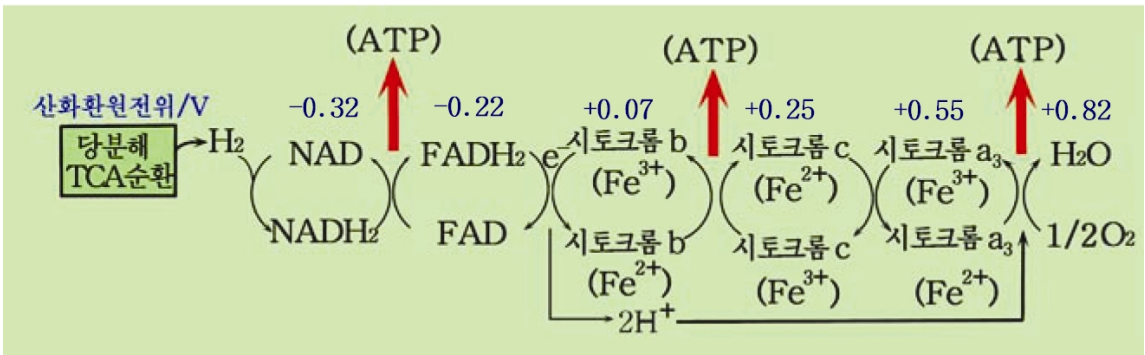
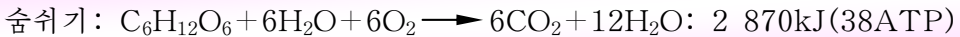
불타기: $C_6H_{12}O_6+6O_2 \longrightarrow 6CO_2+6H_2O$: 2 825kJ

숨쉬기에서는 H_2O가 기질로 참가하면서 유기물질의 산화분해에서 나오는 e^-를 전자전달계를 거쳐 O_2에까지 전달한다.이 전자전달과정에 나오는 에네르기에 의하여 ATP가 합성된다.(그림 1-3)

그림 1-3. 전자전달과 ATP생성

숨쉬기: $C_6H_{12}O_6+6H_2O+6O_2 \longrightarrow 6CO_2+12H_2O$: 2 870kJ(38ATP)

※ 숨쉬기속도는 단위생체량이 단위시간동안에 흡수하는 O_2 혹은 내보내는 CO_2의 량이다.

CO_2 mg/생체g・h

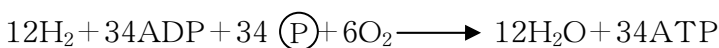
숨쉬기결수(RQ)는 숨쉬기과정에 흡수된 O_2의 체적에 대한 내보내는 CO_2의 체적의 비이다.

$$RQ=\frac{CO_2}{O_2}$$

전자전달과정에서의 ATP합성은 전자전달체사이의 산화환원전위차가 0.2V이상 되는데서 나오는 에네르기에 의해서만 일어나고 그보다 전위차가 작은데서 나오는 에네르기는 열로 변한다.

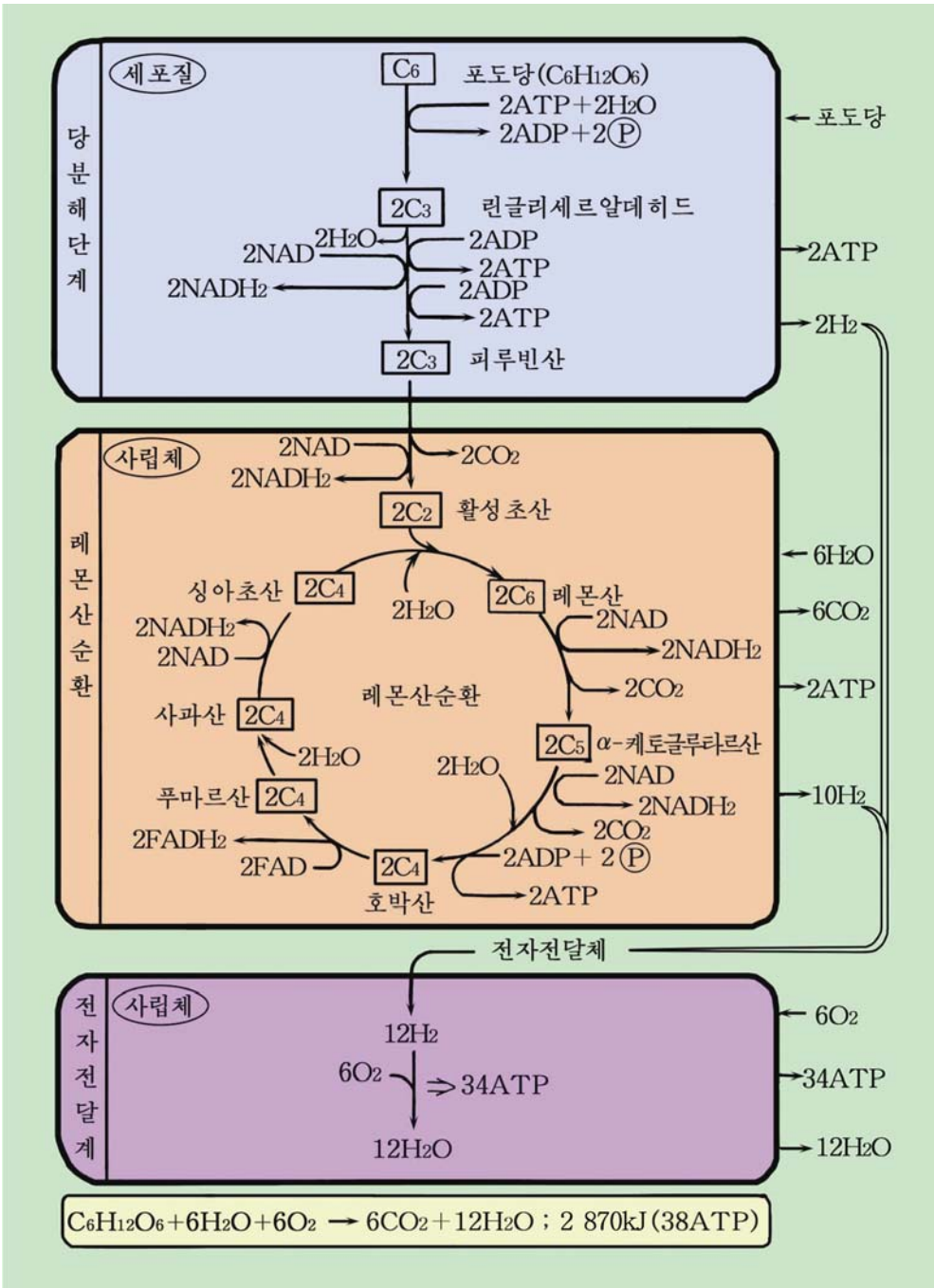
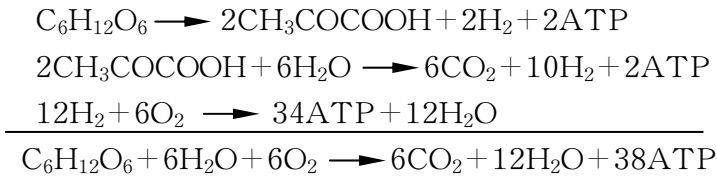
H^+는 전자전달계의 마지막고리에서 음전기를 띤 산소와 결합하여 물로 된다.

전자전달계에서는 많은 량의 에네르기가 나오는데 이 에네르기에 의하여 34개의 ATP가 생긴다.

$$12H_2+34ADP+34\,Ⓟ+6O_2 \longrightarrow 12H_2O+34ATP$$

전자전달과정은 곧 에네르기전환과정이며 전자의 에네르기가 ATP에 축적되는 과정이다. 전자전달계는 생물체에서 진행되는 ATP합성의 기본길이다.

우에서 본 숨쉬기과정을 종합하면 그림 1-4와 같다.

그림 1-4. 숨쉬기과정(산소숨쉬기)

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3COCOOH + 2H_2 + 2ATP$$
$$2CH_3COCOOH + 6H_2O \rightarrow 6CO_2 + 10H_2 + 2ATP$$
$$12H_2 + 6O_2 \rightarrow 34ATP + 12H_2O$$
$$C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 12H_2O + 38ATP$$

해보기

산소숨쉬기과정에 ATP에 저축되는 에네르기효률은 얼마인가를 계산해보아라.

(포도당 1mol이 분해되면서 나오는 에네르기는 2 870kJ이다. 산소숨쉬기에서 포도당 1mol이 산화되여 38mol의 ATP가 나온다. ATP 1mol에서 린산이 떨어질 때 약 40kJ의 에네르기가 나온다.)

※ 무산소숨쉬기

산소가 없으면 식물과 효모를 비롯한 일부 미생물은 무산소숨쉬기를 통해서 적은 에네르기나마 얻어서 살아간다. 동물의 힘살에서도 산소가 부족한 경우에 산소숨쉬기와 함께 무산소숨쉬기를 한다.

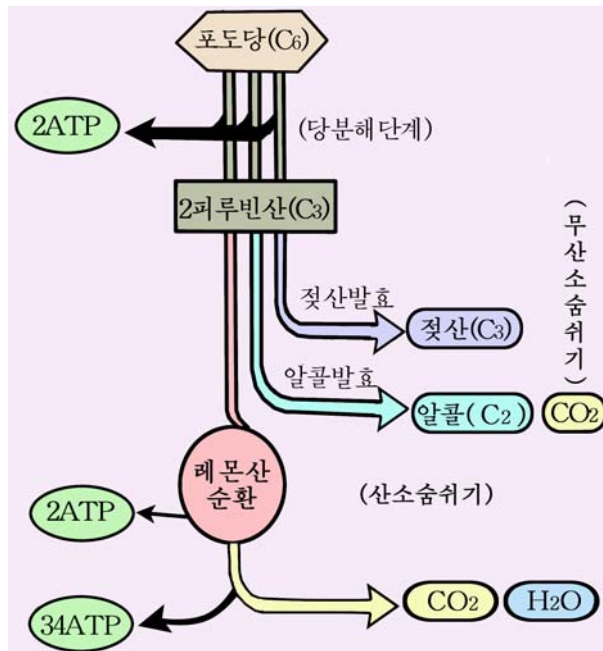



그림 1-5. 산소숨쉬기와 무산소숨쉬기

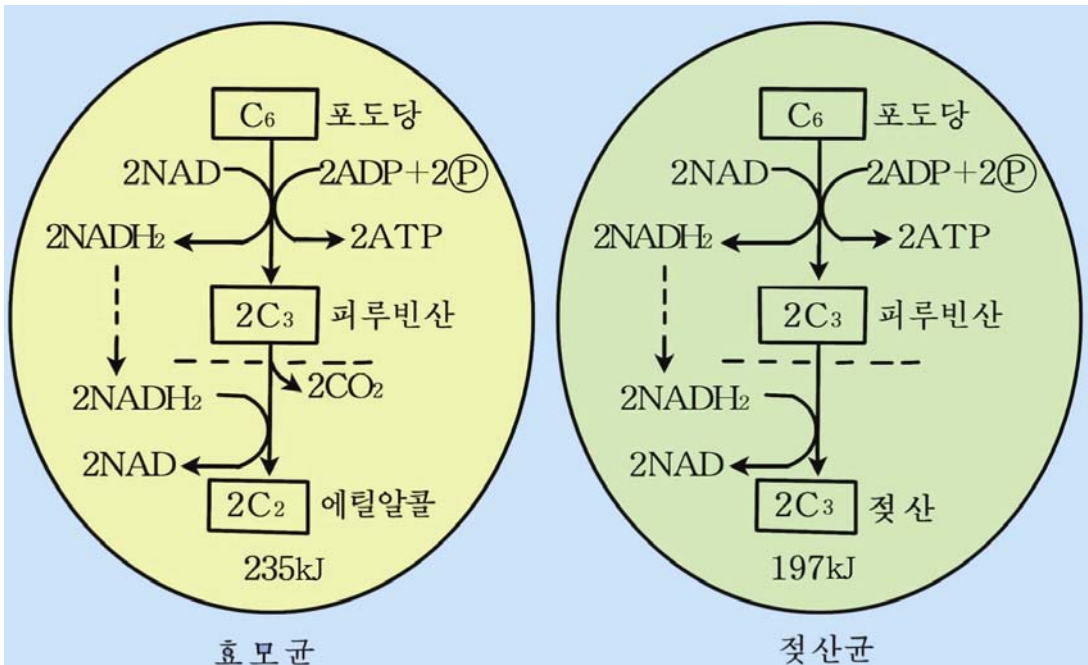
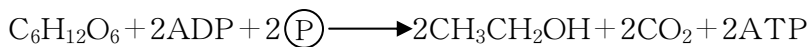



그림 1-6. 무산소숨쉬기

미생물의 무산소숨쉬기에서 기본은 발효이다.

무산소숨쉬기는 당분해과정에서 생긴 피루빈산이 산소가 없는 조건에서 알콜이나 젖산이 만들어지는 과정이다.

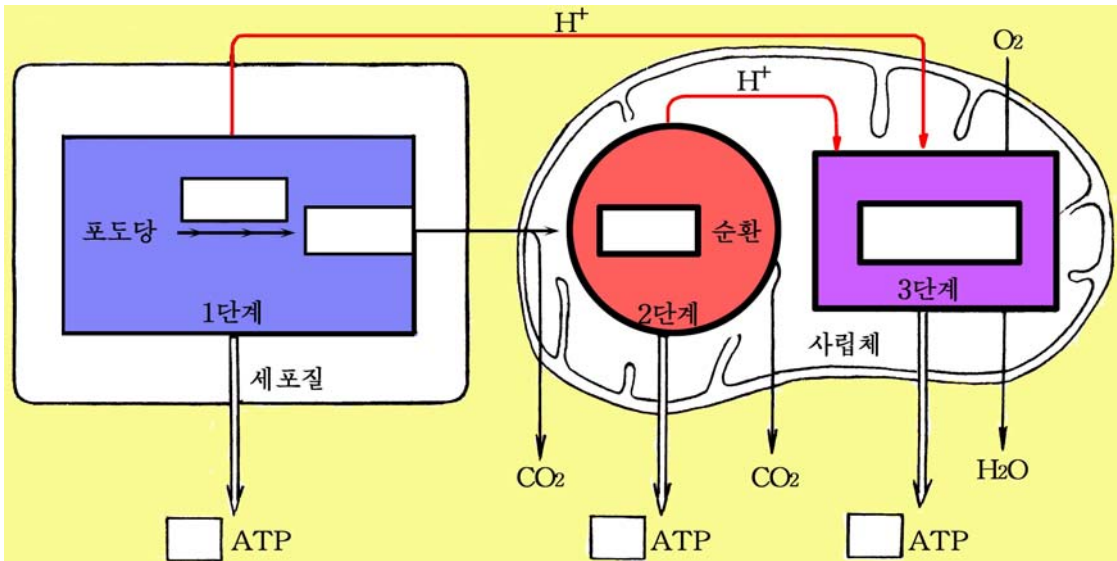
에틸알콜이 생기는 무산소숨쉬기는 산소가 부족한 조건에서 식물의 뿌리나 씨앗에서 진행될수 있다. 이때 피루빈산이 에틸알콜로 전환된다.

$$C_6H_{12}O_6 + 2ADP + 2Ⓟ \longrightarrow 2CH_3CH_2OH + 2CO_2 + 2ATP$$

젖산이 생기는 무산소숨쉬기는 힘살안에서도 진행된다. 힘살이 급격히 수축할 때와 산소공급이 부족할 때에는 힘살안의 포도당이나 글리코겐이 무산소숨쉬기를 거쳐 분해되여 젖산으로 된다. 그러므로 사람이 오래 걸었을 때 다리가 팽팽하고 아픈데 이것은 힘살에 젖산이 축적된 결과이다.

생각하기

젖산발효가 일어나는것을 어디에서 볼수 있는가?

문 제

1. 포도당 300g이 산소숨쉬기의 기질로 쓰이면 CO_2이 몇g 생기는가?
2. 다음의 그림에서 빈칸에 알맞는 글이나 수자를 써넣어라.

3. 산소숨쉬기와 불타기의 같은 점과 다른 점은 무엇인가?

참 고

숨쉬기의 진화

에네르기면에서 볼 때 무산소숨쉬기는 산소숨쉬기에 비하여 원시적인 숨쉬기형이다. 생물계는 유기물질을 많이 쓰면서도 에네르기를 적게 내는 무산소숨쉬기형생물로부터 유기물질을 적게 쓰면서도 ATP를 많이 만드는 산소숨쉬기형생물로 진화하였다.

효모의 무산소숨쉬기(알콜발효)

준비

효모균, 10% 사탕물, 접종술, 발효관, 피페트, 전기곤로, 솜, 석회물, 려과종이

방법

1) 두개의 발효관에 들어가고 남을 정도의 10% 사탕물에 효모균을 접종술로 접종하여 흔들어 섞는다.(효모배양액)

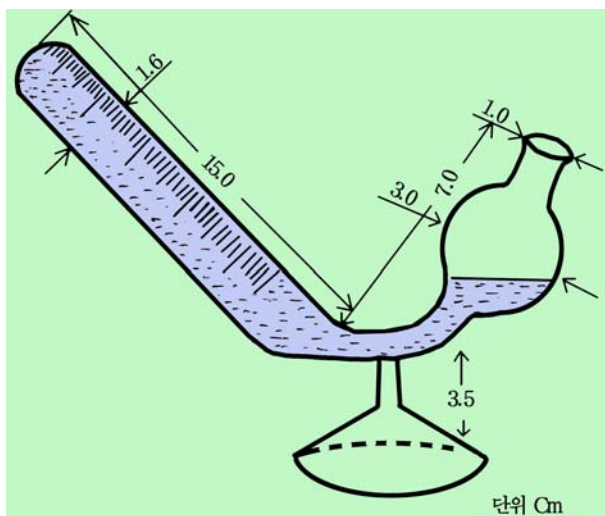
2) 두개의 발효관에 각각 꼭같은 량의 효모배양액을 피페트로 취하여 그림 1-7처럼 넣고 솜마개로 막는다.

두 발효관가운데서 하나는 방안온도, 다른것은 방안온도보다 10℃정도 높은 조건에 놓아둔다. ①

5분간격으로 발효관에 기체가 얼마나 생겼는가를 발효관눈금으로 측정한다.

3) 두 발효관에 석회물을 조금씩 피페트로 취하여 넣고 섞는다. 이때 흰색의 앙금이 생긴다. ②

그림 1-7. 발효관

※ 눈금이 없으면 ㎜방안지띠를 붙인다.

분석과 토론

효모에 의한 발효는 어디에 적용되는가?

결과처리

○ 두 발효관에서 생긴 기체량이 차이나는 원인을 밝힌다.

○ 흰색의 앙금은 무엇인가를 밝히고 석회물을 넣어 섞을 때 일어나는 화학반응을 방정식으로 써넣는다.

○ 발효관의 마개를 열고 냄새를 맡아보고 무엇이 생겼는가를 알아본다.

주의할 점

① 방안온도보다 높은 온도가 35℃이상 되지 않게 하여야 한다.

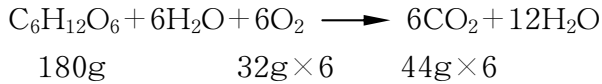
② 석회물은 려과종이로 거른 맑은 액체여야 한다.

숨쉬기와 물질소비

1. 산소숨쉬기에 의한 물질소비

산소숨쉬기에서 마른 물질의 질량감소는 포도당을 기준으로 하여 계산한다.

$$C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 12H_2O$$

180g　　　　32g×6　　44g×6

표준조건에서 기체 1mol의 체적 22.4L×6　22.4L×6

$$RQ = \frac{CO_2}{O_2} = \frac{22.4L \times 6}{22.4L \times 6} = 1$$

어떤 식물이 싹틀 때 당질 108mg을 소비하였다. 이때 드나든 O_2과 CO_2의 질량, 체적을 구하여라.

2. 발효에 의한 물질소비

알콜발효에서는 산소를 쓰지 않고 1mol의 포도당이 산화되여 2mol의 CO_2로 된다. 산소숨쉬기와 알콜발효가 동시에 진행될 때는 받아들이는 O_2에 대한 내보내는 CO_2의 비률이 커진다.

산소숨쉬기때에 받아들이는 O_2의 량과 내보내는 CO_2의 량이 같으므로 내보내는 CO_2의 량에서 받아들이는 O_2의 량을 덜면 알콜발효에서 생기는 CO_2의 량이 얻어진다.

① 효모균은 산소가 있을 때는 알콜발효와 함께 산소숨쉬기를 한다.

어떤 효모균을 배양할 때 102.4g의 산소를 흡수하고 360.8g의 CO_2을 내보냈다. 알콜발효에서 얻어지는 CO_2의 체적은 얼마이며 포도당의 소비량은 몇g인가?

② 어떤 효모균이 산소조건에서 포도당을 기질로 하여 307.2g의 산소를 흡수하고 1 082.4g의 CO_2을 내보냈다.

알콜발효때에 얻어지는 CO_2의 체적, 포도당의 소비량은 얼마이며 포도당의 소비량이 산소숨쉬기에서보다 알콜발효에서 얼마나 더 많은가?

③ 알콜발효에서 170g의 CO_2이 나오면 에틸알콜은 몇g 생기며 포도당은 몇g 소비되는가?

제 4 절. 생물체에서의 영양물질의 전환

- 무기영양물질의 전환은 어떻게 일어나는가?
- 유기영양물질전환은 생물에 따라 어떻게 진행되는가?

생물의 영양물질에는 무기영양물질과 유기영양물질이 있다.

제영양생물은 무기물질을 받아들여 자기의 유기물질로 만들고 그 유기물질의 일부를 산화분해하면서 나오는 에네르기로 살아간다.

남영양생물은 주로 유기물질을 받아들여 소화분해하여 자기의 생체물질로 만들고 유기물질의 많은 몫을 산화분해하면서 생활에 필요한 에네르기를 얻는다.

이러한 생물체에서의 물질변화과정이 영양물질의 전환이다.

1. 식물체에서의 무기영양물질의 전환

식물은 빛합성을 통하여 무기영양물질인 CO_2과 H_2O로부터 유기물질의 기본골격으로 되는 C, H, O화합물을 만든다. 그와 함께 식물의 영양물질전환에서 중요한 것은 토양속에서 흡수한 무기영양물질의 전환이다.

식물은 뿌리를 통하여 토양속에서 흡수한 무기영양물질을 유기화합물로 전환시킨다.

질소동화. 식물이 토양에서 빨아들인 무기질소화합물인 NO_3^-, NH_4^+를 아미노산, 단백질 등의 유기질소화합물로 전환시키는것을 **질소동화**라고 부른다.

생각하기

질소비료에는 어떤것들이 있는가?

질산이온 NO_3^-는 먼저 암모니아 NH_3으로 환원되여야 유기질소화합물합성에 들어갈수 있다. 그것은 생체유기질소화합물가운데 $-NO_2$형태(니트로화합물)가 없기때문이다.

질산으로부터 암모니아에로의 환원은 식물에서만 일어난다.

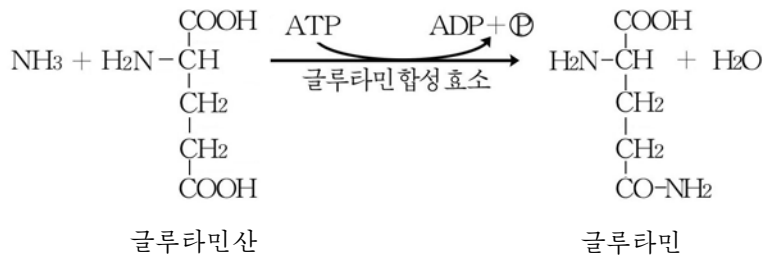
$$NO_3^- \xrightarrow{\text{질산환원효소}} NO_2^- \xrightarrow{\text{아질산환원효소}} NH_3$$

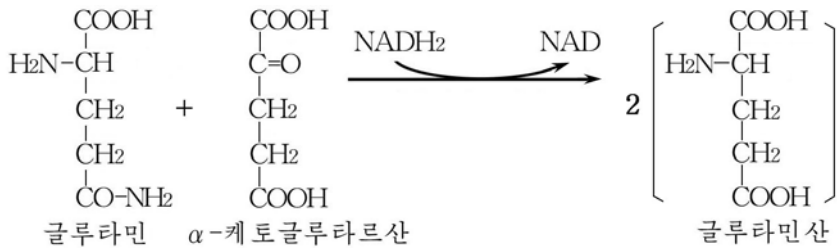
이 반응에 쓰이는 환원제는 빛합성의 빛반응에서 생기는 $NADPH_2$과 숨쉬기과정에 형성되는 $NADH_2$이다. 그러므로 식물은 해빛이 잘 비쳐 빛합성이 잘되여야 빛합성과정의 $NADPH_2$과 숨쉬기에 필요한 빛합성산물이 넉넉히 보장되여 질산 및 아질산의 환원이 잘 진행된다.

NH_3은 식물세포안에서 해리된 물분자의 H^+와 결합하여 NH_4^+형태로 존재한다.

콩과식물의 뿌리혹에서 세균에 의하여 고정되는 대기질소 N_2도 NH_4^+형태로 식물체에 공급된다.

암모니아는 글루타민산과 결합하여 아미드인 글루타민으로 전환된다.

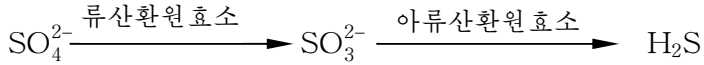
$$NH_3 + \underset{\text{글루타민산}}{\begin{array}{c} COOH \\ | \\ H_2N-CH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ COOH \end{array}} \xrightarrow[\text{글루타민합성효소}]{ATP \quad ADP+Ⓟ} \underset{\text{글루타민}}{\begin{array}{c} COOH \\ | \\ H_2N-CH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CO-NH_2 \end{array}} + H_2O$$

글루타민의 아미드질소는 아미노산합성에 리용된다.

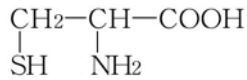
해보기

α-케토산에는 어떤것들이 있으며 그로부터의 아미노산합성을 반응식으로 써보아라.

류황동화. 식물은 류황을 주로 류산이온 SO_4^{2-}형태로 흡수한다.

류산이온도 질산이온처럼 류화수소 H_2S로 환원되여야 유기류황화합물합성에 들어간다.

류산의 환원도 식물체에서만 진행된다.

$$SO_4^{2-} \xrightarrow{\text{류산환원효소}} SO_3^{2-} \xrightarrow{\text{아류산환원효소}} H_2S$$

H_2S가 아미노산인 시스테인을 비롯한 유기류황화합물로 전환된다.

$$\begin{array}{l} CH_2-CH-COOH \\ \;|\qquad\;\; | \\ SH\quad\; NH_2 \end{array}$$

시스테인

질소동화나 류황동화과정에 만들어진 아미노산들은 단백질합성에 들어간다.

린산동화. 린산은 무기이온 PO_4^{3-}형태로 생물체안에서 유기린화합물합성에 리용된다. 그 대표적인 실례가 ATP이다. 그와 함께 린산은 여러가지 누클레오티드, 핵산을 비롯한 유기린화합물합성에 들어간다.

기타 무기영양물질들도 생체유기화합물에로 전환된다. 례를 들면 Mg는 엽록소조성에, Fe는 철포르피린조성에 들어간다. 그밖에 Mo, Mn, Cu, Zn, B도 생체유기물질조성에 들어간다.

식물에 많이 요구되는 칼리움은 유기물질로 전환되지 않고 K^+형태로 있으면서 여러가지 효소활성을 조절한다.

식물체안에서 진행되는 무기영양물질의 전환은 빛합성 및 숨쉬기와 밀접히 관련되여있다. 그러므로 식물의 빛합성과 숨쉬기가 원만히 진행되도록 생육조건을 잘 지어주어야 소출을 높일수 있다.

생각하기

식물의 무기영양물질동화가 어떻게 빛합성 및 숨쉬기와 관련되여있는가?

2. 유기영양물질의 전환

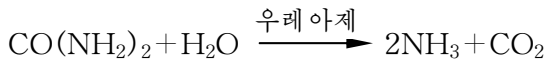
유기영양물질의 전환은 주로 남영양생물에서 일어나는 과정이다. 그러나 고등식물도 뇨소를 비롯한 일부 유기물질을 흡수하여 자기의것으로 전환시키며 씨앗이 싹틀 때에는 그에 저장되여있던 농마, 기름질, 단백질이 어린 식물체의 생육에 리용된다.

사람이나 동물의 유기영양물질가운데서도 중요한것은 당질, 기름질, 단백질이다.

고분자유기영양물질은 물에 풀리는 단순한 화합물로 전환되여 세포에 동화된다. 세포에서 단순한 화합물들은 다시 복잡한 생체물질로 전환되여 세포의 자라기에 쓰이며 새로운 세포구성에 들어간다. 따라서 유기영양물질의 전환은 그의 동화과정이다.

뇨소. 뇨소 〔$CO(NH_2)_2$〕 는 오줌의 기본성분이며 처음으로 인공합성된 유기물질이다.

뇨소는 질소비료의 하나로서 부식질토양에 치면 토양미생물의 효소 우레아제에 의하여 물분해되면서 암모니아와 이산화탄소로 전환된다.

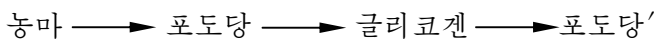
$$CO(NH_2)_2 + H_2O \xrightarrow{\text{우레아제}} 2NH_3 + CO_2$$

그러나 모래땅과 토양의 깊은 층에서는 미생물활동이 약하고 땅온도가 낮기때문에 뇨소대로 식물에 흡수된다. 뇨소를 잎덧비료로 주는 경우에도 뇨소가 그대로 식물체에 침투된다.

식물도 우레아제를 가지는데 콩과와 박과식물에 많다. 뇨소는 우레아제에 의하여 글루타민산과 반응하여 글루타민과 카르바밀산(H_2N-COOH)으로 전환되며 오르니틴과 반응하는 경우에는 시트룰린이나 아르기닌을 형성한다. 이렇게 생긴 글루타민과 아르기닌은 단백질합성에 참가한다.

농마. 농마는 식물체의 저장당질로서 씨앗이나 감자덩이줄기를 비롯한 저장영양기관에 많이 축적된다.

씨앗의 농마는 에네르기원천 및 생체구성물질합성의 재료로 쓰인다. 씨앗이 싹틀 때 농마는 아밀라제의 작용으로 길금당이나 포도당으로 물분해된다. 이 포도당은 숨쉬기기질로 리용되며 단백질, 기름질을 비롯한 생체구성물질로 전환된다.

사람이 음식물을 통하여 혹은 동물이 먹이와 함께 농마를 먹으면 침이나 소화관의 소화액에 있는 아밀라제와 말타제에 의하여 포도당으로 물분해된다. 이 포도당은 숨쉬기기질로 리용되거나 농마보다 분자량이 더 크고 복잡한 구조를 가진 글리코겐으로 합성되여 간에 저장된다. 간에 저장되여있던 글리코겐은 필요한 때에 글리코겐포스포릴라제의 작용으로 물분해되여 다시 포도당으로 된다.

농마 ──► 포도당 ──► 글리코겐 ──►포도당′

이 포도당도 숨쉬기에 리용되거나 기름질, 단백질 등의 생체물질로 전환되여 생체구성에 들어간다.

생각하기

○ 농마밖의 당질에는 어떤것이 있으며 그것을 먹으면 어떻게 전환되는가?
○ 침이 모든 밥알에 묻게 식사를 하자면 어떻게 해야 하는가?

기름질. 기름질은 포도당보다 더 많은 에네르기를 가진 물질이며 생체구성에 들어가는 물질이다.

식물조직에 축적되였던 기름은 당질인 포도당으로 전환되여 숨쉬기에 리용된다.

동물체에서 기름질은 리파제에 의하여 글리세린과 기름산으로 물분해된다. 글리세린은 숨쉬기과정에 들어가고 기름산은 활성초산으로 전환되여 숨쉬기나 여러가지 생합성과정에 리용된다.

활성초산($CH_3CO\backsim S\text{-}CoA$)은 숨쉬기의 레몬산순환의 출발물질일뿐아니라 생물체안에서 진행되는 여러가지 물질합성의 출발재료로도 된다.

특히 필수기름산은 식물성기름에 많으며 반드시 먹어야 한다. 그러므로 식물성기름을 해결하기 위하여 유채, 해바라기를 비롯한 기름작물재배와 함께 산에 여러가지 기름나무를 많이 심어야 한다.

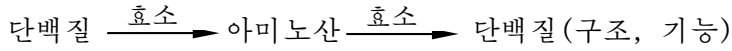
단백질. 단백질은 유기영양물질가운데서 매우 중요한 자리를 차지한다.

사람들이 정상적으로 성장하고 건강한 몸으로 사업과 생활을 해나가자면 당질, 기름질과 함께 단백질을 충분히 섭취하여야 한다. 사람이 하루동안에 먹어야 할 단백질량은 대체로 자기 몸질량 1kg당 1g이다.(례: 몸질량 50kg일 때 50g)

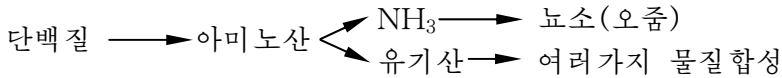
단백질에는 N이 마른 질량의 평균 16% 포함되여있다. 식물성단백질의 생산량을 늘이려면 단백질함량이 높은 콩을 많이 재배하여야 한다. 그와 함께 산과 빈땅에 풀판을 조성하고 풀먹는집짐승기르기를 비롯한 축산업을 발전시켜야 한다. 그리하여 필수아미노산을 많이 가지고있는 동물성단백질인 고기와 알, 젖제품을 대대적으로 생산하여야 한다.

사람이 음식물을 먹으면 그속의 단백질은 여러가지 단백질분해효소의 작용으로 물분해되면서 아미노산들로 전환된다.

아미노산들은 먼저 간세포에서 단백질로 합성되여 피진단백질로 된다. 그와 함께 아미노산들은 세포들에서 세포자체를 이루는 구조단백질과 여러가지 작용을 하는 기능단백질로 합성된다.

$$\text{단백질} \xrightarrow{\text{효소}} \text{아미노산} \xrightarrow{\text{효소}} \text{단백질(구조, 기능)}$$

어떤 아미노산들은 더 분해되여 기본부분인 유기산은 여러가지 물질대사에 쓰이고 암모니아는 뇨소로 전환되여 오줌으로 배설된다.

단백질 ⟶ 아미노산 < NH_3 ⟶ 뇨소(오줌) / 유기산 ⟶ 여러가지 물질합성

해보기

우리가 하루에 음식물을 통하여 먹는 단백질의 총량을 계산해보아라.

사람이나 동물에 필요한 무기원소는 무기염형태로도 흡수되나 기본은 유기물질형태로 섭취된다.

유기물질형태의 무기원소들은 소화과정에 유리되여 필요한 생체물질로 전환된다.

사람에게 많이 요구되는 칼시움은 식물조직의 펙틴물질에 포함되여있으며 나트리움과 염소는 소금에 있다. 철도 식물물질형태로 흡수하며 부족증이 나타날 때에는 동물의 피를 많이 먹거나 약으로 무기염을 리용할수 있다.

미량원소인 요드는 바다소금에 포함되여있으며 미역, 다시마를 비롯한 바다나물에 많다. 불소도 바다소금에 있다. 셀렌은 콩과식물의 씨앗단백질에 포함되여있다.

탐구 씨앗싹트기의 비밀

문제

씨앗이 싹틀 때 그안의 농마는 포도당이나 길금당으로 전환되며 기름도 당으로 전환되여 자라는 어린 식물체에 리용된다. 이러한 씨앗의 싹트기특성을 어디에 리용하는가?

가설

씨앗의 싹트기는 고분자물질이 저분자물질로 분해되는것과 관련되여있다.

방법

보리, 밀, 벼, 강냉이, 해바라기의 씨앗을 물에 적신 려과종이를 깐 샤레에 10∼15알 펴놓고 뚜껑을 덮은 다음에 20∼28℃에서 싹틔운다.

○ 씨앗들이 며칠만에 달아지는가를 맛보는 방법으로 판정한다.

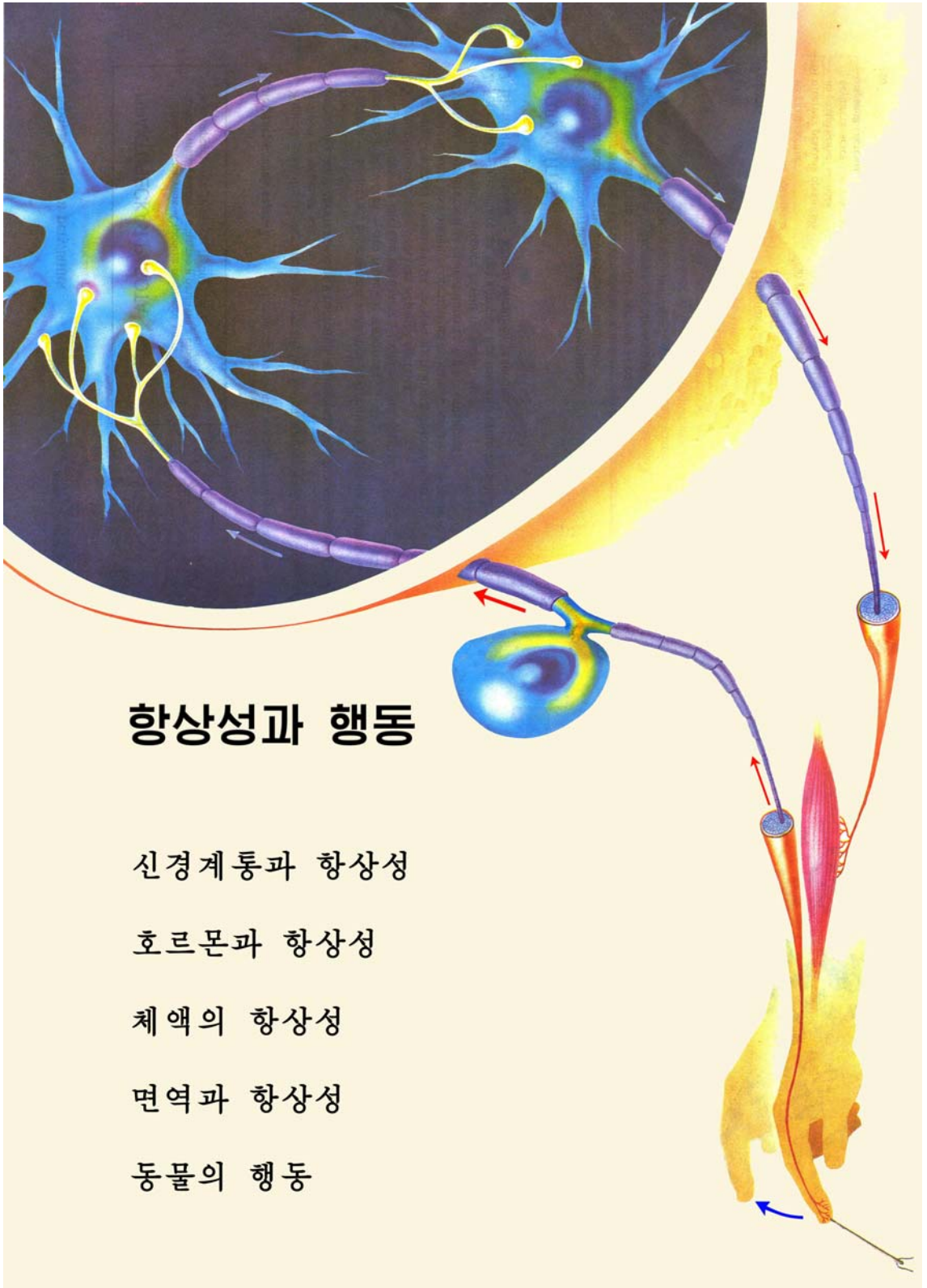
○ 벼과식물의 씨앗에서 뿌리나 싹이 나온 다음에 껍질을 벗기고 눈젖이 얼마나 녹아들어갔는가를 씨앗의 길이에 대한 상대적길이로 조사한다.

토론

○ 조사결과로부터 무엇을 알수 있는가?

○ 씨앗의 농마가 무슨 효소에 의하여 분해되겠는가, 그 효소활성이 제일 높은 씨앗은 어느것이며 그것을 어디에 리용하는가?

○ 씨앗의 싹트기특성을 리용하여 만든 제품을 꼽아보아라.

1. 영양물질의 전환이 생물에 따라 어떻게 다른가?
2. 식물의 질소동화에 대하여 말해보아라.
3. 주요유기영양물질은 생물체안에서 어떻게 전환되는가?
4. 우리가 먹는 단백질의 전환은 어떻게 일어나는가?

항상성과 행동

신경계통과 항상성

호르몬과 항상성

체액의 항상성

면역과 항상성

동물의 행동

제2장. 항상성과 행동

생물은 끊임없이 변하는 환경에 맞게 자기 몸의 상태를 언제나 일정하게 유지하면서 살아간다.

례를 들어 사람의 체온은 날씨가 춥거나 더워도 36~37℃를 유지한다.

이처럼 생물이 바깥환경의 변화에도 관계없이 자기 몸의 상태를 언제나 일정한 수준으로 유지조절하는 성질을 **항상성**이라고 부른다. 항상성은 동물, 식물을 비롯한 모든 생물들에서 가지는 성질이다. 동물의 항상성은 신경계통, 호르몬, 체액, 면역계통 등에 의하여 보장된다.

제 1 절. 신경계통과 항상성

· 신경계통에 의하여 항상성이 어떻게 유지조절되는가?

1. 흥분의 전도 및 전달

생각하기

어떤 소리가 나면 소리난쪽을 바라보게 된다.

○ 소리자극은 어디에서 감수하며 어떤 신경을 거쳐 뇌수로 전달되는가?

○뇌수에 전달된 소리신호는 어떤 신경을 거쳐 어디로 전달되며 어떻게 소리나는쪽을 바라보게 되는가?

그러면 자극했을 때 생긴 흥분이 신경을 따라 어떻게 전도되고 전달되는가를 보기로 하자.

신경섬유에서의 흥분전도

신경섬유의 기본기능은 중추로부터 말초에로 혹은 말초에서 중추에로 흥분을 전도하는것이다.

일반적으로 살아있는 세포에서는 세포막을 사이에 두고 이온분포에서 차이가 있다.

안정상태에서 늘 막바깥은 《+》, 막안은 《-》로 대전되여있다.

안정상태의 세포에서 막의 안팎에 생긴 전위차를 **안정전위**라고 부른다.

안정전위의 크기는 -90∼-60mV이다.

※ 이온분포에서의 차이는 안정한 상태에 있을 때 세포막이 선택적으로 K^+를 세포안으로 퍼들이고 Na^+를 세포바깥으로 퍼내기때문에 생긴다.(Na^+/K^+뽐프의 작용)

세포바깥에 나간 Na^+는 농도가 높기때문에 세포안으로 퍼져들어가려고 하지만 세포막이 Na^+를 통과시키지 않으므로 Na^+는 세포바깥에 머물러있게 된다.

한편 세포막은 세포안에 있는 K^+가 농도물매에 따라 세포밖으로 퍼져나가는것을 방해하지 않으므로 K^+는 세포바깥으로 나온다.

이때 세포막은 K^+와 정전기적힘으로 끌리여있던 음이온(Cl^-, HCO_3^-)을 통과시키지 않으므로 세포막안쪽에는 음이온이 머물게 된다. 결과 세포막밖은 《+》, 막안은 《-》로 대전된다.

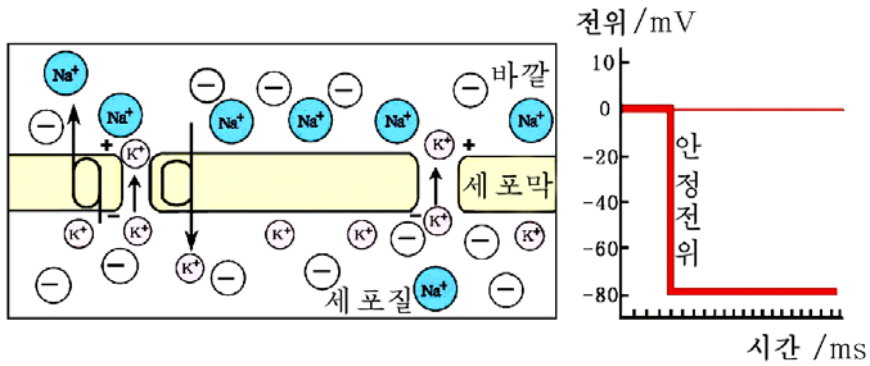



그림 2-1. 안정전위

신경세포의 어떤 부분에 자극이 가해지면 그곳의 Na^{+}통과능력이 일시적으로 급격히 높아져 안정상태에서는 통과하지 못하던 Na^{+}가 순간적으로 세포안으로 들어간다. 이때 Na^{+}와 정전기적으로 끌리여있던 음이온(Cl^{-})은 세포밖에 남는다.

그 결과 막안쪽은 《+》, 막바깥쪽은 《-》로 대전된다. (**탈분극**)

이와 같이 자극에 의하여 생긴 세포막전위의 변화가 바로 **흥분**(**신경임풀스**)이다.

그리고 흥분부위와 흥분되지 않은 부위사이의 전위차를 **활동전위(동작전위)**라고 부른다. 신경이나 힘살이 흥분되면 곧 활동전위가 생긴다. 활동전위의 크기는 100～120mV 이다.

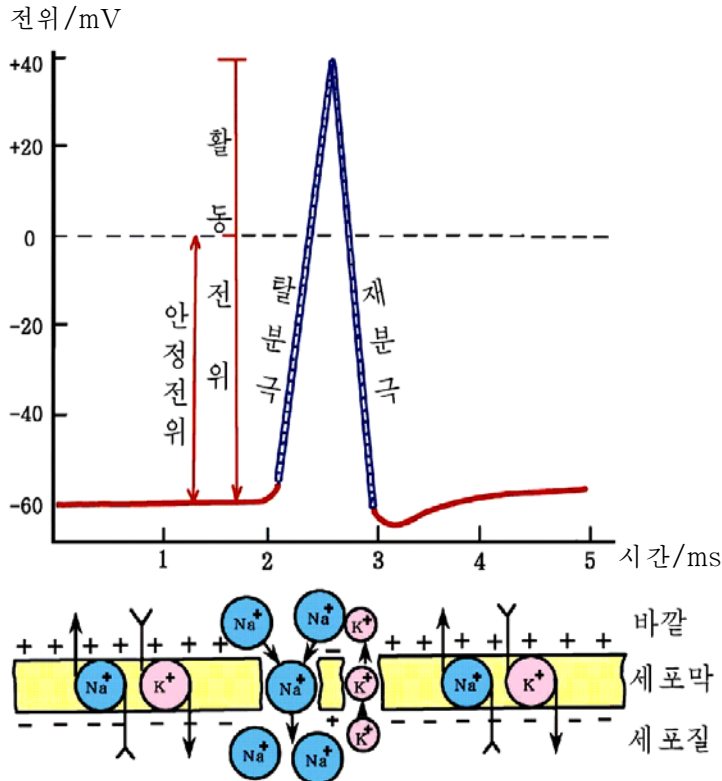



그림 2-2. 활동전위

흥분했던 곳에서는 뒤이어 곧 본래의 안정전위상태로 돌아가고(걸리는 시간은 약 1~2미리초이다.) 안정상태에 있던 린접부분에서 막의 Na^+통과능력이 높아져 새로운 흥분이 또 생긴다. 이 과정이 되풀이되면서 마치도 잔잔한 물면에 던진 돌에 의하여 생긴 물결이 퍼져나가듯이 처음에 생긴 흥분은 신경섬유를 따라 량쪽으로 옮겨간다.

신경섬유에서 흥분의 전도란 순차적인 활동전위의 발생과정이며 신경임풀스가 옮겨가는 과정이다.

생각하기

신경섬유에서 흥분이 전도되려면 신경섬유가 형태, 기능적으로 완전해야 한다.

다시말하여 어느 부분에 자그마한 손상도, 기계적인 압박도, 신경섬유막에 영향을 주는 다른 요인들도 없어야 한다.

몸의 어떤 부분을 수술할 때 그곳에 마취제주사를 놓는 리유는 무엇이겠는가?

한 신경섬유를 따라 전도되는 흥분은 린접하고있는 다른 신경섬유에로 옮겨가지 않는다. 그것은 신경돌기가 신경속집(미엘린집)과 신경막 같은 절연물질로 둘러싸여 있기때문이다.

신경섬유를 따라 흥분이 옮겨가는 속도는 무수신경섬유에서보다 유수신경섬유에서 더 빠르다. 그것은 유수신경섬유에서는 1~2mm 간격으로 놓여있는 잘룩이를 따라 흥분이 뛰뛰기식으로 옮겨가고 무수신경섬유에서는 잘룩이가 없이 가까운 린접부분을 따라 차례로 옮겨가기때문이다.

유수신경섬유에서의 흥분전도속도는 약 120m/s이다.

흥분전도속도는 굵은 신경섬유일수록 빠르다.

해보기

지각신경이나 운동신경은 유수신경섬유로 되여있다. 척수에서 손끝까지 길이는 약 1m이다. 신경임풀스가 척수에서 손끝까지 전달되는데 얼마만한 시간이 걸리겠는가를 계산하여보아라.

이것이 어떤 의의를 가지겠는가?

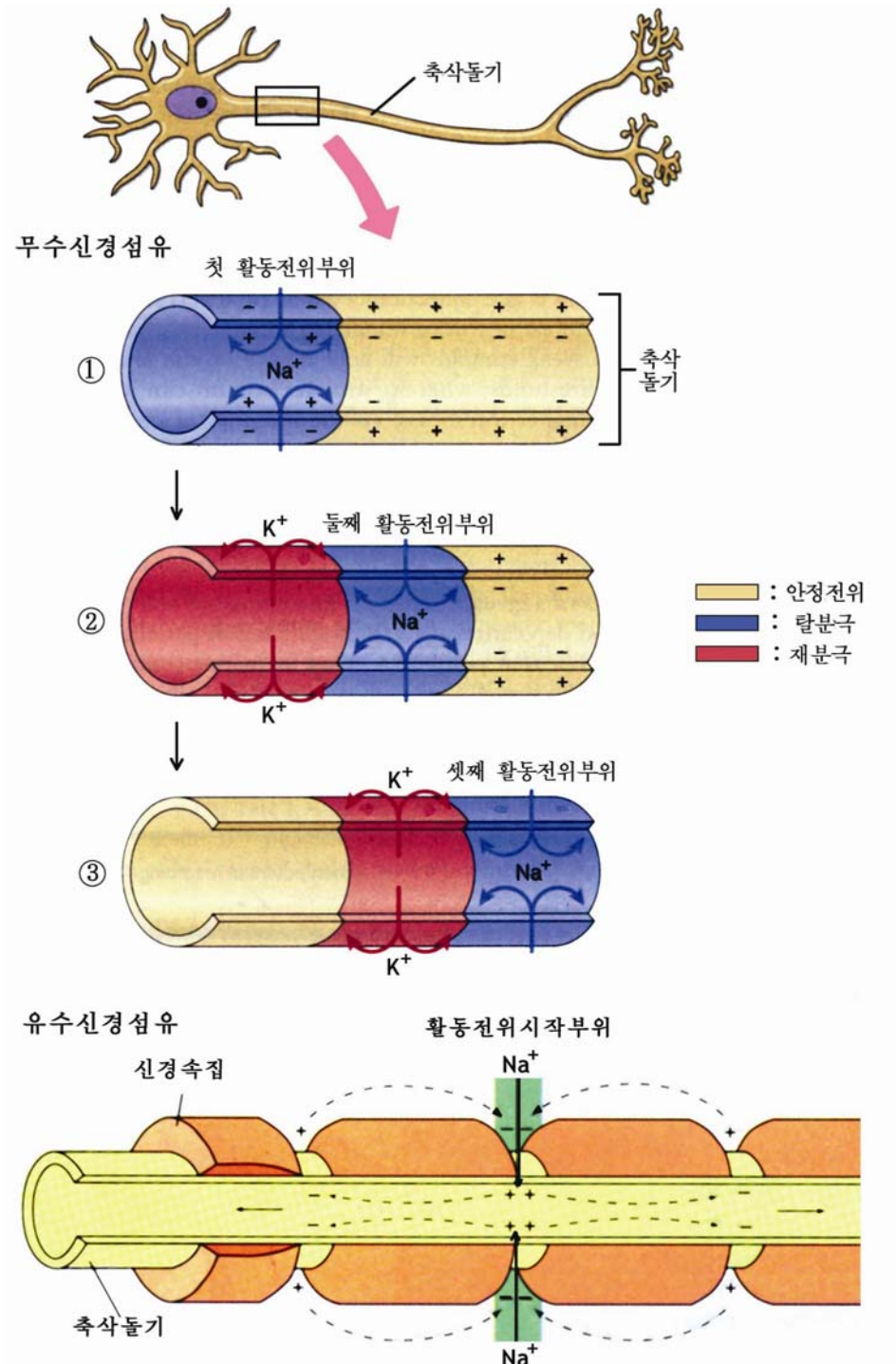



그림 2-3. 신경섬유에서의 흥분전도

접합부에서 흥분전달

생각하기

한개 신경세포의 길이는 약 1.2m이하이다. 그런데 사람의 몸의 여러 부분들사이의 길이는 이 길이를 초과하는 경우가 있다.

이 경우에 흥분을 전달하자면 신경세포들의 배치가 어떻게 되여야겠는가?

뇌수나 척수에서 신경원들은 축삭(신경끈)돌기와 수지상(나무가지모양)돌기사이, 축삭돌기와 신경세포체사이, 수지상돌기들사이 등에서 여러가지 형식으로 서로 련결되여있다.

련결될 때 신경섬유의 끝은 여러 갈래로 갈라져 다른 신경원 또는 힘살세포, 분비세포들과 매우 좁은 틈(15～100nm)을 사이에 두고 잇닿아있다. 이 잇닿은 부분을 **접합부(시납스)**라고 부른다.

생각하기

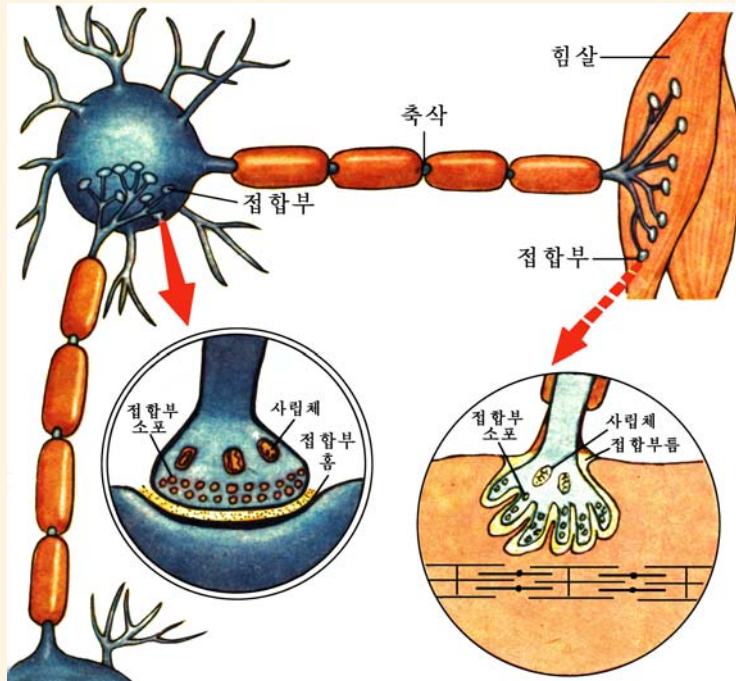



그림 2-4. 접합부의 구조

○ 그림에서 신경원과 신경원사이의 접합부, 신경원과 뼈힘살사이의 접합부구조를 비교하여보아라.

○ 신경섬유끝이 주름잡혀져있는것은 어떤 의의를 가지겠는가를 생각해보아라.

접합부를 이루는 신경섬유의 끝부분에는 **접합부소포**라고 부르는 작은 알갱이들과 사립체가 수많이 있다.

접합부소포에는 **중매체**라는 신경전달물질이 들어있다.

그러면 접합부에서 흥분이 어떻게 전달되는가.

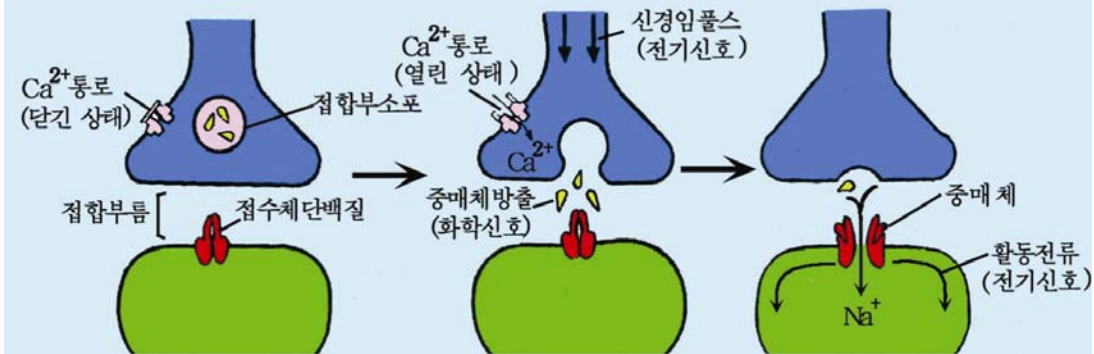



그림 2-5. 접합부에서의 흥분전달

흥분신호가 신경섬유를 따라 그 끝부분에 이르면 그의 막에 있는 Ca^{2+}통로가 열리면서 Ca^{2+}는 급격히 세포안으로 들어간다.

Ca^{2+}의 자극으로 효소들이 활성화되여 접합부소포의 막과 신경섬유말단의 접합부앞막이 융합된다. 이때 중매체인 아세틸콜린(혹은 심파틴)이 접합부름으로 나와 확산되면서 접합부뒤막(다른 신경원이나 힘살섬유의 막)에 이른다. 접합부뒤막에는 접수체단백질과 아세틸콜린을 물분해하는 아세틸콜린에스테라제가 있다. 분비된 아세틸콜린은 접수체단백질과 결합하며 이에 의하여 막의 이온통로들이 열리면서 Na^{+}의 투과성이 높아진다. 결과 접합부뒤막에서 활동전위 즉 전기신호가 발생한다. 중매체의 작용은 막의 《구멍뚫기》와 비슷하다.

이와 같이 접합부에서의 흥분신호의 전달은 화학물질에 의한 전달이다.

중매체는 한번 작용한 다음 효소에 의하여 곧 파괴된다.

그러므로 접합부에서 흥분이 련속 전달되려면 신경섬유를 따라 흥분이 련속 와닿아야 한다.

접합부에서는 흥분이 언제나 한쪽방향으로만 전달된다.

왜냐하면 접합부뒤막쪽에는 접합부소포가 없으며 또 접합부앞막에는 중매체의 작용을 받을수 있는 장치가 없기때문이다.

접합부에서 흥분의 전달속도는 신경섬유에서보다 매우 느리다. 그것은 중매체가 접합부름에서 확산의 방법으로 접합부뒤막에 천천히 도달하기때문이다.

생각하기

중매체가 다른 화학물질의 영향을 받아 자기 능력을 나타내지 못하면 신경섬유를 따라 흥분이 전달되여도 접합부를 통과하지 못한다.

이러한 특성을 어디에 리용할수 있겠는가?

2. 신경계통에 의한 조절

중추신경계통의 통합작용

생각하기

사람과 동물은 감수기로부터 들어온 정보를 받아들여 몸안상태의 변화를 제때에 알아낸다.

사람의 몸에는 어떤 감수기들이 있으며 어떤 정보를 받아들이는가를 생각해보아라.

뇌수와 척수로 이루어진 중추신경계통의 기본기능은 구심성신경을 거쳐 들어온 정보를 받아 분석종합하여 각 기관들에 해당한 《지령》을 내리는 **통합작용**을 하는것이다.

례를 들어 방광에 오줌이 차면(몸안상태의 변화) 오줌을 누라는 《지령》을 원심성신경을 따라 방광오무림살과 방광이 줄어들게 하는 여러 힘살에 전달되여 오줌을 누게 한다.

또한 피속에 CO_2의 농도가 높아지면 숨쉬기운동중추가 자극을 받든가 혹은 목동맥굴에 있는 화학감수기가 자극되여 흥분이 지각신경섬유를 따라 연수의 숨쉬기운동중추에 이른다. 그리고 여기서 내려진 《지령》은 척수를 거쳐 갈비사이힘살에 전달되여 숨쉬기가 빨라지고 깊어진다.

생각하기

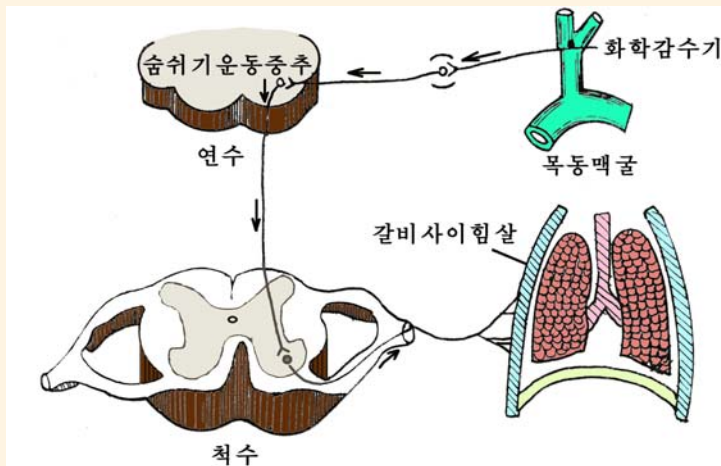



그림 2-6. 숨쉬기운동반사

그림을 보고 CO_2의 농도가 낮아질 때 숨쉬기운동중추는 숨쉬기를 어떻게 조절하겠는지 생각하여보아라.

이와 같이 중추신경계통의 통합작용에 의하여 사람이나 동물은 끊임없이 변화되는 환경조건에 알맞게 기관들의 활동을 조절하면서 살아간다.

자률신경계통에 의한 항상성조절

생각하기

어두운 곳에 있으면 눈동자가 커지고 밝은 곳에 있으면 눈동자가 작아진다. 이 현상의 반사길을 생각해보아라.

교감신경부와 부교감신경부로 이루어진 자률신경계통은 하나의 조절대상에 대하여 엇서기작용을 한다.

실례로 교감신경은 심장박동을 빠르고 세게 하며 부교감신경은 심장박동을 느리고 약하게 한다.

심장박동은 심장자체에 있는 중추(자동중추)에 의하여 자동적으로 일어난다.

그것은 몸에서 떼여낸 개구리의 심장이 얼마동안 박동을 계속하는것을 보고도 알수 있다. 이 자동중추는 심장에 분포된 교감신경과 부교감신경에 의하여 조절된다. 심장활동조절중추는 연수에 있는데 대뇌피질의 영향도 받는다.

심장박동이 교감신경과 부교감신경에 의하여 어떻게 조절되는가.

피줄벽에는 혈압의 변화를 알아내는 압감수기와 O_2, CO_2 같은 물질이나 H^+의 영향을 알아내는 화학감수기들이 여러곳에 분포되여있다.

조직의 산소소비량이 적어져 피속에 CO_2의 농도가 낮아지면 해당 감수기에서 생긴 흥분이 부교감신경에 전달되여 심장박동이 떠지고 혈압도 낮아진다.

생각하기

자률신경계통의 중추부는 뇌간부(간뇌, 중뇌, 연수)와 척수에 있으며 말초부는 뇌신경과 척수신경에 포함되여있다. 말초부에는 교감신경과 부교감신경이 있다.

- ○ 그림 2-7에서 자률신경계통의 중추부를 찾아보아라.
- ○ 교감신경과 부교감신경은 각각 어느 중추부에서 출발하는가?
- ○ 교감신경과 부교감신경은 각각 어느 신경매듭에서 신경세포를 바꾸는가?

※ 교감신경의 끝에서는 심파틴, 부교감신경끝에서는 아세틸콜린이 분비된다.

생각하기

교감신경과 부교감신경은 중추에서부터 심장과 밸과 같은 내장기관으로 내려가는 신경들이다. 내장기관들에서 자극된 흥분은 어느 신경을 통하여 중추에 전달되는가?

실례를 들어 설명해보아라.

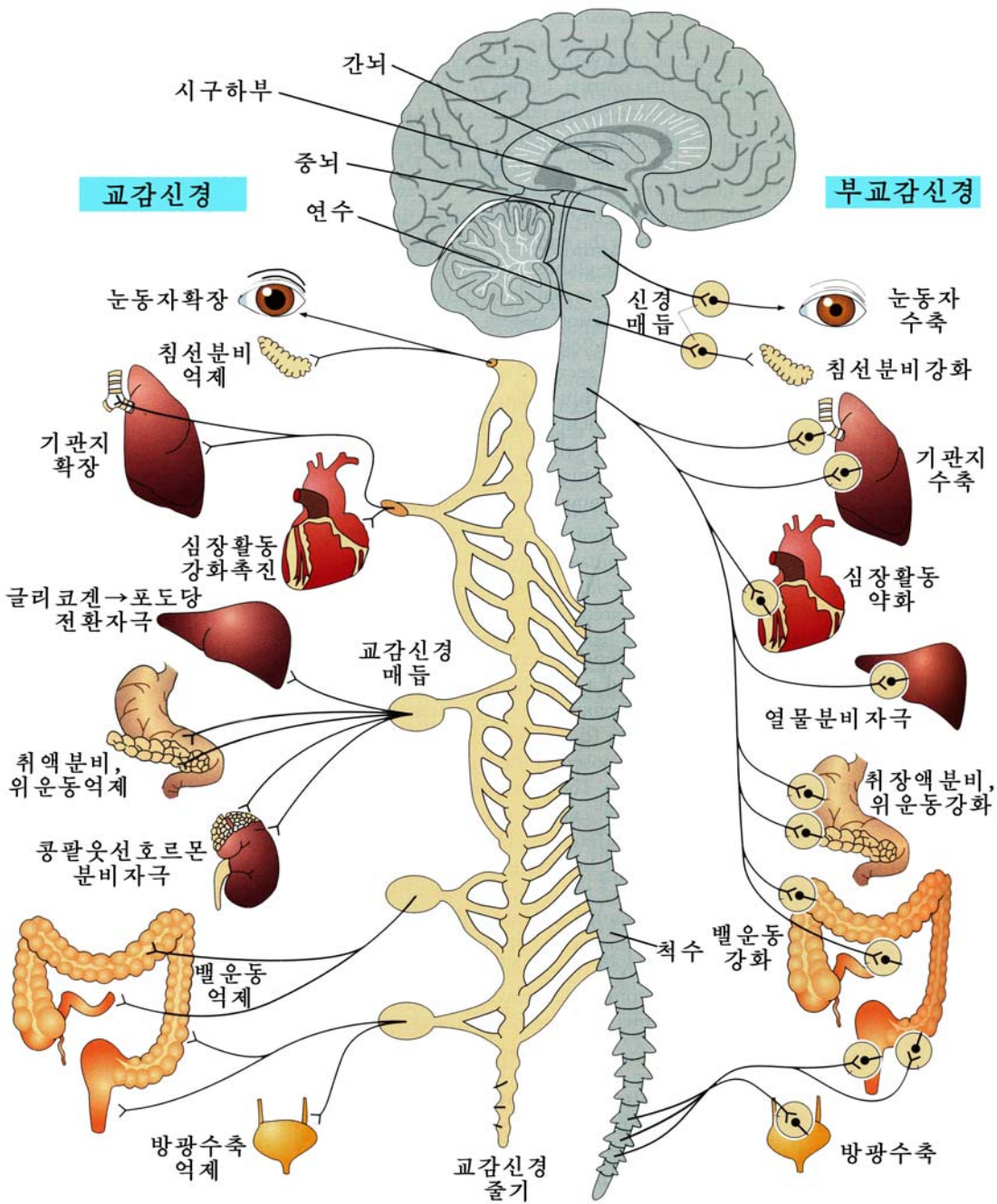



그림 2-7. 자률신경계통

내장기관들은 교감신경과 부교감신경의 2중적지배를 받으면서 몸안팎의 상태에 맞게 항상성을 유지조절한다.

생각하기

자률신경에서 흥분의 전도속도는 지각신경이나 뼈힘살운동신경에 비하여 훨씬 느리다.

자료에 의하면 운동신경에서는 60～120m/s, 지각신경에서는 12～30m/s인데 자률신경에서는 0.3～3.0m/s밖에 되지 않는다.

자률신경이 지각신경이나 운동신경에 비하여 흥분전도속도가 느린 원인이 어디에 있다고 생각하는가?

【실험】 숨쉬기정지능력 알아보기

준비

초시계

방법

1) 숨쉬기정지시간측정

○ 안정한 상태에서 숨쉬기정지최대시간을 측정한다. 이때 5초간격으로 시간을 알려주어 측정하도록 한다.

○ 10번 무릎굽혀펴기를 한 다음 숨쉬기정지최대시간을 측정한다.

2) 숨쉬기정지와 운동이 맥박수에 주는 영향

○ 안정상태에서 1분간의 맥박수를 재여본다.

○ 20초동안 숨쉬기정지후 1분간의 맥박수를 재여본다.

○ 10번 무릎굽혀펴기를 한 다음 맥박수를 잰다.

(15초동안의 맥박수를 세여 4배 하는 방법으로 1분간의 맥박수를 잴수도 있다.)

분석과 토론

○ 안정상태와 운동한 후의 숨쉬기정지최대시간의 차이는 얼마이며 그 원인은 무엇인가?

○ 숨쉬기정지후의 맥박수와 안정상태의 맥박수의 차이는 얼마이며 그 원인은 무엇인가?

○ 무릎굽혀펴기후의 맥박수와 안정상태의 맥박수의 차이는 얼마이며 그 원인은 무엇인가?

○ 숨쉬기정지후와 무릎굽혀펴기후의 맥박수의 차이를 통하여 어떤 결론을 내릴수 있는가?

결과처리

실험결과를 표에 기록하고 차이나는 원인을 밝힌다.

시 간 / 상 태	숨쉬기정지최대시간
안정상태	
10번 무릎굽혀펴기한 후	

맥박수 / 상 태	맥박수
안정상태	
20초동안 숨쉬기정지후	
10번 무릎굽혀펴기한 후	

주의할 점

상태변화시 수행동작을 규정대로 지켜야 하며 시간과 맥박수를 정확히 측정해야 한다.

1. 신경섬유에서의 흥분전도와 시납스에서의 흥분전달에서 다른 점은 무엇이며 그 원인은 어디에 있는가?
2. 유수신경섬유와 무수신경섬유에서의 흥분전도에서 다른 점은 무엇이며 그 원인은 어디에 있는가?
3. 교감신경과 부교감신경의 다른 점은 무엇인가?

제 2 절. 호르몬과 항상성

· 호르몬에 의하여 항상성이 어떻게 조절유지되는가?

생물의 항상성은 신경계통과 함께 호르몬에 의해서도 조절유지된다.

신경계통에 의한 조절은 전기적변화에 기초한 흥분의 전달로 실현되므로 조절작용이 매우 빨리 그리고 인차 뚜렷이 나타난다. 그러나 호르몬에 의한 조절은 신경계통에 의한 조절보다 느리게 나타나며 작용효과도 오래 지속된다. 그것은 호르몬이 피나 림파에 실려 운반되여 일련의 반응단계를 거치기때문이다.

생각하기

○ 호르몬이란 무엇인가?

○ 내분비선에는 어떤것들이 있으며 여기에서 어떤 호르몬들이 만들어지는가?

1. 호르몬의 화학적본태와 존재형태

현재 호르몬에 대한 연구가 심화되면서 화학구조들이 적지 않게 밝혀졌으며 인공적으로 합성하여 리용하기도 한다.

생각하기

지금까지 알려진 호르몬에는 화학구조로 보아 아미노산유도체성호르몬, 펩티드 및 단백질성호르몬, 스테로이드성호르몬들이 있다.

아미노산, 펩티드, 단백질, 스테로이드란 어떤 물질인가?

갑상선호르몬인 티록신, 콩팥웃선속질호르몬인 아드레날린은 아미노산유도체성호르몬들이고 취장섬에서 분비되는 글루카곤이나 인술린은 펩티드성호르몬이며 성장호르몬, 갑상선자극호르몬, 생식선자극호르몬 등은 단백질성호르몬이다.

그리고 콩팥웃선겉질호르몬들인 광물질성코르티코이드, 당질성코르티코이드 등과 생식선호르몬들은 스테로이드성호르몬이다.

이러한 호르몬들은 내분비선에서 만들어진 다음 내부환경 특히 피속에 들어가 유리상태 혹은 피진의 특수한 단백질과 결합상태로 존재한다.

즉 호르몬은 피안에서 두가지 형태 즉 유리형과 결합형으로 존재하며 운반된다.

유리형과 결합형은 서로 이행하며 비김상태를 이루고있다. 결합형호르몬의 형성은 생리적으로 큰 의의를 가진다. 그것은 우선 활성을 띠는 유리형호르몬이 피속에 너무 많이 축적되는것을 막아준다. 또한 결합형호르몬은 호르몬의 생리적예비로도 된다. 만약 몸에서 호르몬요구량이 높아지면 결합형이 곧 유리형으로 넘어가며 활성을 띠는 호르몬으로 된다.

2. 호르몬의 작용물림새

우선 호르몬은 생체막의 막투과성을 변화시킨다.

단백질이나 펩티드로 된 호르몬들은 세포막에 있는 호르몬접수체에 작용하여 어떤 물질에 대한 막투과성을 변화시킨다.

실례로 인슐린은 힘살과 기름조직에서 당에 대한 세포막의 투과성을 높여주며 세포안에서 포도당이 많이 리용되도록 한다.

성장호르몬은 아미노산에 대한 투과성을 높여주며 당질성코르티코이드는 이것을 오히려 감소시킨다.

다음으로 호르몬은 세포의 효소체계에도 영향을 미친다.

호르몬은 가끔 《호르몬작용중매체》라고 부르는 고리-AMP의 도움으로 작용을 나타낸다.

고리-AMP는 효소에 의하여 ATP로부터 생기기도 하고 파괴되기도 한다. 호르몬은 호르몬접수체를 통하여 여기에 작용하는 효소의 활성화에 영향을 주어 과녁기관세포의 고리-AMP함량이 달라지도록 한다. 고리-AMP는 효소체계나 세포내구조물에 작용하여 해당 호르몬의 효과를 나타내게 한다.

※ 내분비선에서 분비되는 호르몬에는 여러가지 종류가 있으며 매 호르몬은 작용하는 기관이 정해져있다.

매 기관은 거기에 작용하는 호르몬에 의하여 효과를 나타낸다. 이렇게 일정한 호르몬의 작용만 받는 기관을 그 호르몬의 **과녁기관**이라고 부른다.

과녁기관에는 호르몬에 대하여 감수성을 가지는 호르몬접수체가 있다.

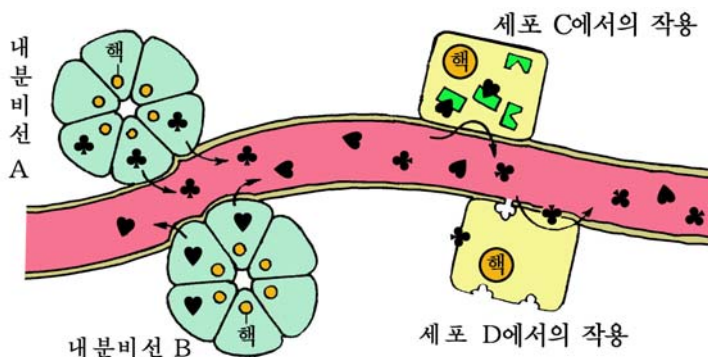



그림 2-8. 호르몬의 작용

호르몬에 대한 과녁기관은 한개인 경우도 있고 여러개인 경우도 있다.

그리고 성장호르몬과 같이 물질대사를 조절하는 호르몬의 과녁기관은 흔히 온몸의 세포인 경우가 적지 않다.

다음으로 호르몬은 세포핵속에 있는 유전자를 활성화시키기도 한다.

호르몬이 유전자에 결합되면 그로부터 새로운 유전암호를 가진 mRNA가 합성되며 결과 새로운 효소단백질생합성이 유도되거나 촉진된다.

호르몬은 신경계통을 거쳐 간접적으로 작용하기도 한다. 호르몬은 신경계통 특히 중추신경계통이나 감수기에 작용하여 조직과 기관들의 기능에 변화가 오게 한다.

만약 호르몬비김이 변하면 우선 중추신경계통의 기능상태가 달라진다. 실례로 콩팥웃선을 떼내면 동물은 자극에 대한 감수성이 매우 높아진다. 호르몬은 또한 감수기에 영향을 미친다. 피줄벽에 분포되여있는 화학감수기가 자극되면 반사적으로 기관들의 기능에 변화가 나타나게 된다.

3. 피속호르몬농도의 조절

생각하기

몸에서는 피속의 호르몬농도도 일정한 수준을 유지하도록 조절되고있다.
호르몬농도의 조절은 어떤 의의를 가지겠는가?

피속의 호르몬농도는 호르몬들의 서로작용, 자률신경계통과 호르몬사이의 호상작용에 의하여 일정한 수준으로 유지된다.

실례로 피속의 티록신농도가 어떤 물림새에 의하여 일정한 수준으로 유지되는가를 보도록 하자.

뇌하수체에서 갑상선자극호르몬이 분비되면 이 호르몬의 작용에 의하여 갑상선에서 티록신이 분비된다. 피의 티록신농도가 높아지면 몸에서 물질대사가 활발히 진행되는 한편 시구하부나 뇌하수체전엽에 피속티록신농도에 대한 정보가 전달되여 갑상선자극호르몬분비를 억제한다. 그러므로 갑상선에서 티록신분비도 억제된다. 반대로 티록신농도가 낮아지면 억제효과가 해제되므로 갑상선자극호르몬분비가 많아진다. 그 결과 티록신분비도 많아진다. 이와 같이 호르몬분비조절계의 마지막단계에 있는 티록신이 그 앞단계에 있는 시구하부나 뇌하수체전엽에 거꾸로 작용하여 반대의 효과를 나타내게 하는 조절방식을 **부의 되돌이조절**이라고 부른다.

피속호르몬농도에 대한 정보

간뇌 (시구하부)

뇌하수체 전엽

되돌이

갑상선자극호르몬

콩팥웃선겉질자극호르몬

생식선자극호르몬

갑상선호르몬

콩팥웃선겉질호르몬

성호르몬

물질대사촉진

피당량 높임 조직의 반응성 높임

2차성적특징을 나타냄

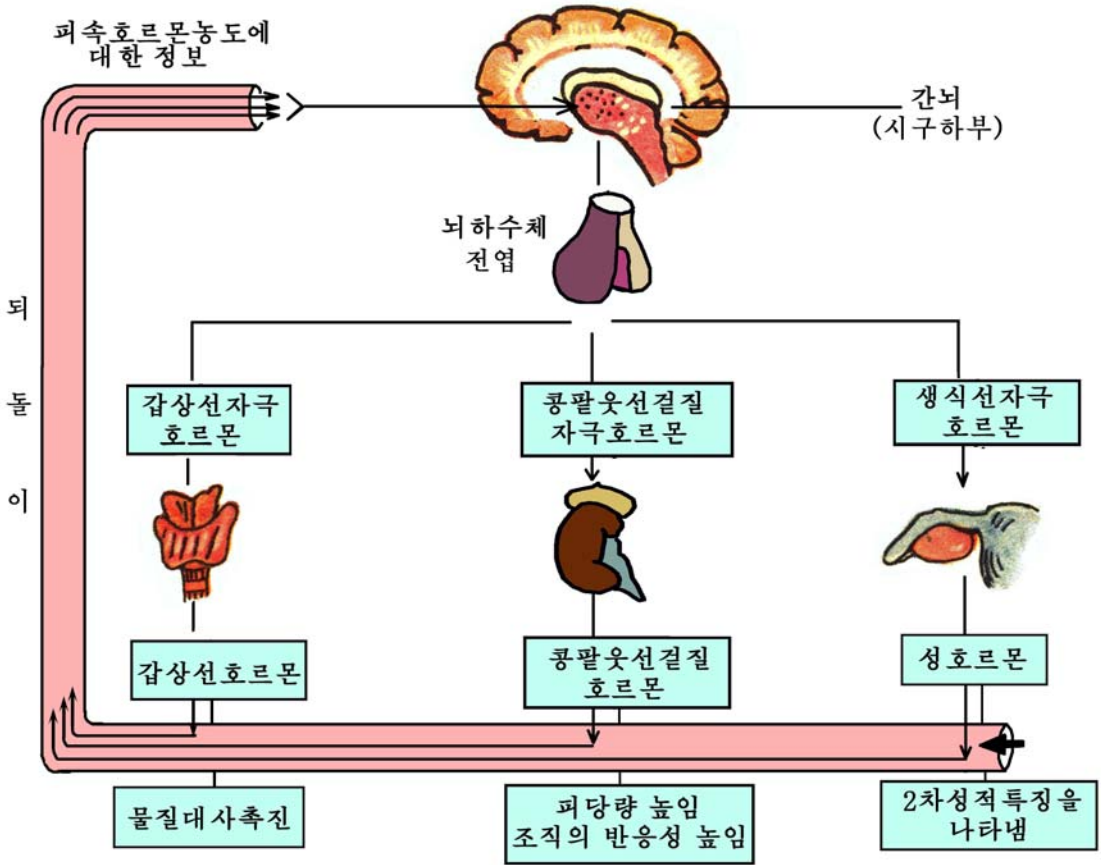



그림 2-9. 내분비계에서 부의 되돌이조절

부의 되돌이조절은 몸안에서 호르몬이 지나치게 많아지거나 적어지는것을 막고 일정한 수준으로 유지되도록 한다.

내분비계통에서 부의 되돌이조절이 끊임없이 진행되기때문에 물질대사와 기관들의 활동이 정상에서 기울어짐이 없이 언제나 일정한 수준으로 보장되며 생명활동이 가장 합리적으로 진행된다.

호르몬과 항상성

1. 호르몬에 의한 조절이 신경계통에 의한 조절과 구별되는 점은 무엇인가?

호르몬을 분비하는 내분비계통은 신경계통과 동물체의 기능을 조절한다는 점에서는 같은 점이 있으나 서로 다른 몇가지 특성을 가지고있다.

호르몬에 의한 조절은 모두가 뜻과 관련이 없지만 신경계통에 의한 조절에는 뜻과 관련되는것이 많다.

○ 신경계통에 의한 뜻따름성운동과 뜻안따름성운동의 실례를 들어보아라.

○ 뜻따름성운동에는 뇌수의 어느 부분이 참가하는가?

두 조절계통은 정보전달수단과 방법이 서로 다르다. 신경계통의 정보전달수단은 흥분이고 이 흥분은 말초신경을 따라 해당기관까지 전달된다.

○ 내분비계통의 정보전달수단은 무엇이며 정보는 어떤 방법으로 전달되는가?

내분비계통과 신경계통은 조절대상에서도 서로 다른 점이 있다.

신경계통에 의한 조절대상에는 뼈힘살과 같이 힘살에 의하여 일어나는 여러가지 운동에 대한 조절이 많은 몫을 차지하지만 호르몬에 의한 조절대상은 주로 세포에서 진행되는 물질대사과정이다. 즉 몸안환경과 같은것을 조절하는데 많이 관계한다.

두 조절계통은 조절속도에서도 차이가 있다.

호르몬에 의한 조절은 신경계통에 의한 조절에 비하여 속도가 더디고 비교적 오래동안 지속되는 경우도 있다.

2. 뇌하수체와 콩팥웃선사이의 부의 되돌이조절을 례를 들어 설명하여라.

3. 인슐린과 아드레날린은 어디에서 분비되며 그의 역할은 무엇인가?

문 제

1. 호르몬에 대한 과녁기관이 한개인 경우와 여러개인 경우의 실례를 들어보아라.

2. 뇌하수체전엽은 과녁기관의 활동을 어떻게 조절하는가?

3. 부의 되돌이조절의 원리를 리용하여 만든 기구나 장치들의 실례를 들어보아라.

참 고

뇌하수체, 갑상선, 랑게르한스섬(취장섬)이름의 유래

뇌하수체는 간뇌의 시구하부에 자리잡고있다.

어른들의 뇌하수체는 크기가 완두콩알만 하다.

뇌하수체는 하나의 짤막한 자루(뇌하수체자루)에 의하여 간뇌의 아래에 드리워져있다.

이와 같이 뇌수밑에 드리워져있는것이라는 뜻에서 뇌하수체라고 부른다.

갑상선은 목앞부분, 후두와 숨통앞에 자리잡고있으며 좌우 두개의 엽으로 나뉘여져있고 두개의 엽사이가 좁은 부분으로 이어져있다. 이처럼 갑상연골앞에 놓여있으므로 갑상선이라고 부른다.

랑게르한스섬은 취장속에 널려있는 하나하나의 작은 세포무리로서 바다에 있는 하나하나의 작은 섬과 류사하다. 그런 의미에서 랑게르한스섬(취장섬)이라고 부른다.

참 고

호르몬의 발견

음식물이 위로부터 십이지장으로 넘어가면 취장에서는 관을 따라 취액이 흘러나온다.

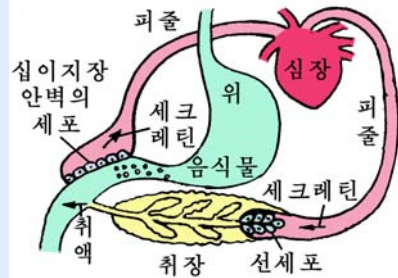
처음에는 이것을 위액에 들어있는 염산이 십이지장을 자극하여 여기에서 생긴 정보가 신경을 따라 취장에 전달되기때문이라고 생각하였다.

베이리스와 스타링그는 이 사실을 확인하기 위하여 십이지장에 분포된 신경을 모두 자르고 염산을 넣었다. 그래도 취액은 분비되였다.

그림 2-10. 호르몬의 발견

이번에는 십이지장을 떼내여 먼저 밸의 안벽에 염산을 넣고 마쇄한 다음 려과하였다. 려과액을 취장으로 들어가는 피줄에 넣었더니 취액이 흘러나왔다.

이 학자들은 실험결과를 통하여 취액이 흘러나오도록 자극하는 물질이 십이지장안벽에서 분비된다는것을 알아내고 이 물질을 세크레틴이라고 불렀다.

세크레틴과 같이 몸안의 일정한 부분에서 만들어지며 피에 실려 운반된 다음 일정한 기관에만 작용하여 그의 활동을 변화시키는 물질을 **호르몬**이라고 불렀다.

개구리의 모습갈이

올챙이가 개구리로 모습갈이하는것도 호르몬의 작용으로 진행된다.

올챙이의 뇌하수체전엽에서는 성장호르몬이 분비되여 성장을 촉진한다.

한편 심장앞에 위치한 갑상선에서는 갑상선호르몬이 분비된다.

갑상선호르몬은 모습갈이를 일으킨다. 올챙이가 식물성먹이를 먹고 자랄 때에는 프로락틴이 많이 분비되지만 일정한 크기에 이르면 갑상선호르몬의 분비가 많아진다. 갑상선호르몬이 작용하면 다리가 생기고 꼬리가 떨어지면서 모습갈이하여 개구리로 된다.

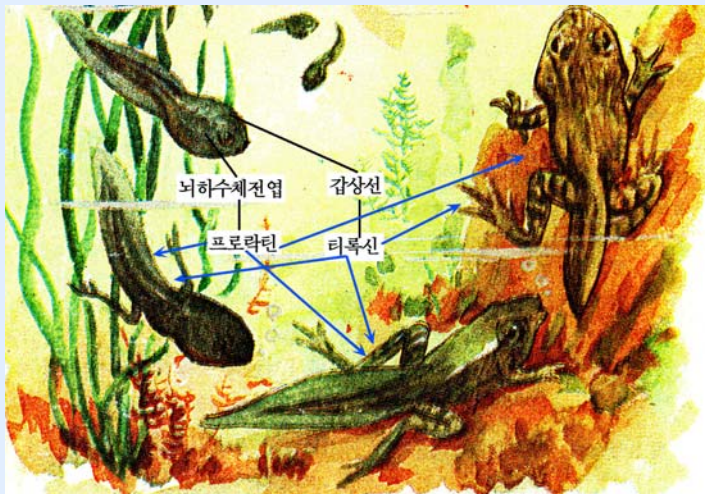



그림 2-11. 개구리의 모습갈이

누에의 모습갈이와 허물벗기

누에는 4번 허물벗고 5령기에 고치를 짓는다. 고치안에서 새끼벌레는 번데기 단계를 거쳐 나비로 된다.

새끼벌레의 앞가슴부분에는 내분비선인 한쌍의 앞가슴선이 있다. 여기에서 분비되는 엑티존이라는 호르몬은 새끼벌레의 자라기와 허물벗기, 모습갈이를 촉진한다.

머리부분의 뇌뒤쪽에는 알라타체라고 부르는 내분비선이 한쌍 있다.

여기에서 분비되는 유약호르몬은 새끼벌레상태가 그대로 유지되게 한다.

엑티존과 유약호르몬이 함께 작용하면 새끼벌레는 차례로 허물을 벗으면서 자란다.

5령기가 되면 알라타체가 퇴화되면서 유약호르몬의 분비가 멎고 엑티존만 분비되여 새끼벌레는 번데기로 된다.

이것은 머리부분과 가슴부분사이, 가슴부분과 배부분사이를 실로 매였을 때 엑티존의 영향을 받은 부분만 모습갈이하고 나머지부분은 본래상태로 있는것을 보고 알수 있다.

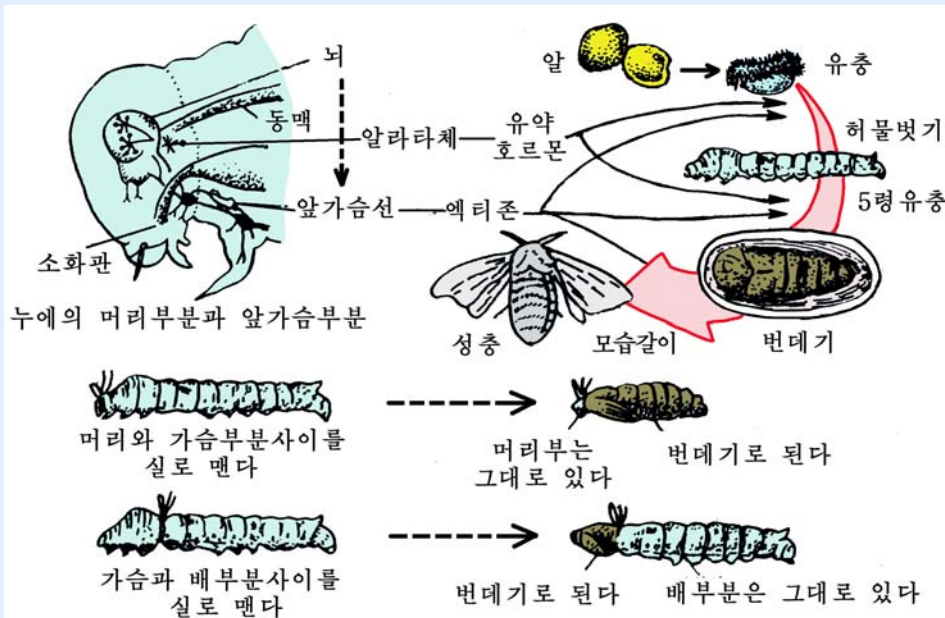



그림 2-12. 누에의 모습갈이와 호르몬의 작용

제 3 절. 체액의 항상성

· 체액의 항상성이 어떻게 유지조절되는가?

체액의 성분과 그의 농도, 삼투압, pH 같은것을 일정한 수준으로 유지하는 방식과 능력은 생물의 종류와 생활조건에 따라 다르다.

1. 체액의 삼투압조절

생각하기

체액의 삼투압은 몸안환경을 이루는 중요한 요인의 하나로서 세포들이 자기 모양을 갖추고 정상적으로 살아가는데 관계한다.

삼투압이 변할 때 세포의 모양은 어떻게 달라지는가?

체액의 삼투압은 거기에 풀려있는 염류나 단백질, 당과 같은 물질의 농도에 의하여 규정되는데 생물의 종류에 따라 조금씩 다르다. 정온동물의 삼투압은 0.85% 소금용액의 삼투압과 같고 개구리와 같은 변온동물의 삼투압은 0.65% 소금용액의 삼투압과 같다.

생물들마다 체액의 삼투압을 조절하는 방식이 다르다.

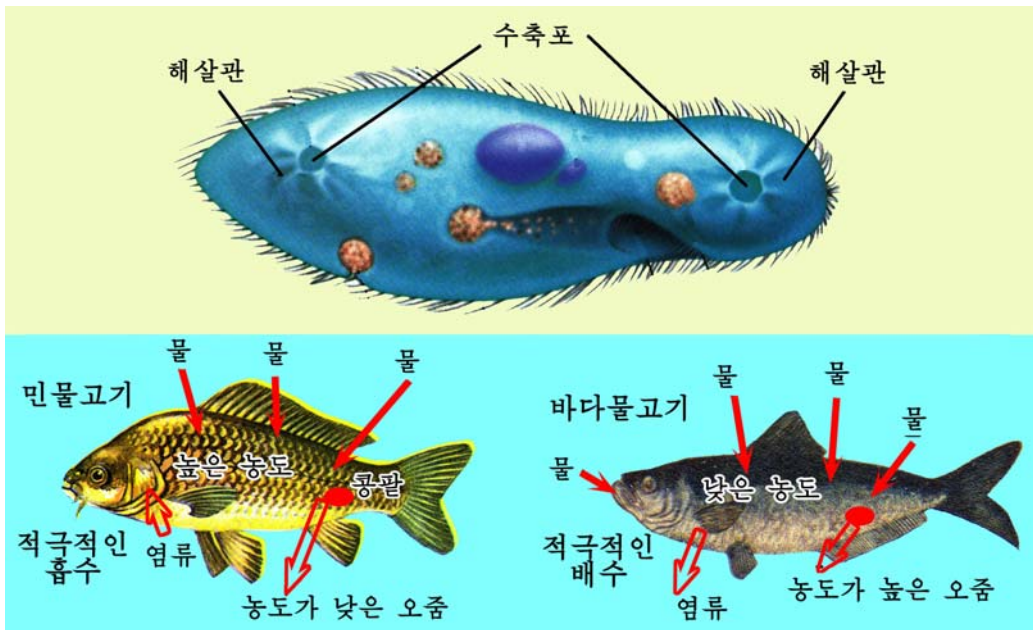



그림 2-13. 파라메시움과 물고기에서의 체액의 삼투압조절

민물에서 사는 파라메시움은 민물보다 삼투압을 높게 유지하고있다. 파라메시움의 몸안으로 물이 들어오면 해살관이 들어온 물과 대사산물을 수축포에 모은다. 그러면 수축포가 수축하면서 이것을 몸밖으로 내보낸다.

민물고기도 체액의 삼투압을 물보다 높게 유지하고있다.

민물고기는 아가미로 염류를 적극적으로 받아들이는 한편 콩팥에서 염류를 재흡수하고 묽은 오줌을 내보내는 방법으로 체액의 염농도를 물보다 퍽 높게 유지한다.

바다물고기는 체액의 삼투압을 바다물보다 늘 낮게 유지하고있다. 이 물고기들은 아가미로 염류를 몸밖으로 내보내며 소금기가 많은 오줌을 내보내는 방법으로 바다물보다 낮은 삼투압을 유지한다. 거부기는 눈부위에 염분을 내보내는 분비선을 따로 가지고있다.

젖먹이류에서는 체액의 삼투압이 더 복잡하게 조절유지되고있다.

그림 2-14. 젖먹이류에서 체액의 삼투압조절

여기에서 중요한 역할을 하는것은 콩팥이다. 콩팥은 삼투압의 변화에 맞게 염농도가 높은 오줌 혹은 염농도가 낮은 오줌을 내보내는 방법으로 체액의 삼투압을 유지한다.

콩팥의 이러한 작용은 신경-체액조절작용에 의해서 실현된다. 만일 땀을 많이 흘렸거나 소금을 많이 먹어 체액의 삼투압이 높아지면 몸의 여러곳에 분포되여있는 삼투압감수기, 압감수기가 흥분된다. 이 정보는 구심성신경을 따라서 시구하부와 뇌하수체에 전달되여 바조프레신은 더 많이 분비되고 콩팥웃선겉질호르몬도 많이 분비되게 한다. 그리하여 콩팥에 많은 량의 광물질성코르티코이드가 작용하여 농도가 높은 오줌을 배설하게 한다.

한편 시구하부로부터 대뇌피질에 신경정보가 전달되여 갈증을 일으키며 물을 마시게 한다. 이와 같이 여러 내분비선과 신경계통의 조절작용을 받아 체액의 삼투압은 늘 일정한 수준으로 유지된다.

사람에게서 체액의 삼투압이 일정한 수준으로 유지되는 리치는 고등한 동물과 비슷하다.

2. 피당량의 조절

생각하기

피당량은 체액의 삼투압처럼 늘 일정한 수준으로 유지되여야 한다.
사람의 피당량은 0.1%로 유지조절되고있다.
피당은 어디에 쓰이며 어떤 의의를 가지는가?

피당량은 신경계통과 호르몬의 복잡한 조절작용에 의하여 일정한 수준으로 유지된다. 피당량의 조절과정을 구체적으로 보자.

그림 2-15. 피당량의 조절

만일 피당량이 낮아지면 시구하부가 자극을 받아 그곳으로부터 신경정보가 교감신경을 따라 콩팥웃선속질에 전달된다. 결과 아드레날린이 분비된다.

한편 뇌하수체로부터 콩팥웃선겉질자극호르몬과 갑상선자극호르몬이 분비되여 당질성코르티코이드와 티록신의 분비가 촉진된다. 이와 함께 취장섬의 α세포도 직접 자극을 받아 글루카곤을 분비한다.

분비된 아드레날린, 글루카곤, 티록신, 당질성코르티코이드에 의해서 피당량이 높아진다.

반대로 피당량이 높아지면 이번에는 취장섬의 β세포가 직접 자극을 받아 인슐린을 분비하며 동시에 시구하부로부터 신경임풀스가 부교감신경을 거쳐 취장섬의 β세포에 전달되여 인슐린분비는 더 활발해진다. 그리하여 피당이 간세포나 힘살세포에로 옮겨져 글리코겐으로 합성, 저장되거나 거기에서 분해된다. 결과 피당량이 낮아진다.

만일 사람에게서 피당량이 0.16%이상을 넘으면 콩팥은 당을 오줌으로 내보내며 피속의 당농도가 그이상 높아지지 않게 한다.

이와 같이 피당량은 시구하부와 여러가지 호르몬들의 복잡한 조절작용을 받아 일정한 수준으로 유지된다.

3. 체액의 pH조절

생각하기

생물체의 모든 활동이 제대로 진행되려면 체액의 pH도 늘 일정한 수준으로 유지되여야 한다.

체액의 pH가 물질대사에 어떤 영향을 미치겠는가?

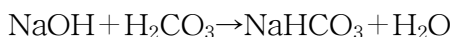
사람의 피의 pH는 7.35정도이다.

체액의 pH는 먹은 음식물, 물질대사과정에 생기는 산성물질과 다른 원인에 의하여 산성 혹은 염기성쪽으로 기울어질수 있다.

그러나 체액속에 $NaHCO_3$, H_2CO_3, NaH_2PO_4, Na_2HPO_4 같은 물질이 들어있어 체액의 pH는 일정한 수준으로 유지된다.

례: $HCl+NaHCO_3 \rightarrow NaCl+H_2O+CO_2$

(들어온 물질)

$NaOH+H_2CO_3 \rightarrow NaHCO_3+H_2O$

(들어온 물질)

이 과정을 돕는것이 콩팥과 페이다.

생겨난 염과 물은 콩팥이 배설해버리고 CO_2과 일부 물은 페를 통하여 몸밖으로 나간다.

피진단백질과 피색소도 체액의 pH조절에서 일정한 작용을 한다.

4. 체온조절

생각하기

변온동물의 체온은 바깥온도의 변화에 따라 비교적 넓은 범위에서 변하지만 사람과 정온동물의 체온은 바깥온도에 관계없이 자동적으로 조절되여 늘 일정한 수준으로 유지된다.

체온이 일정한 수준으로 유지되는것은 어떤 의의를 가지는가?

사람은 체온을 36～37℃, 토끼는 38～40℃, 새류는 40～43℃로 유지한다.

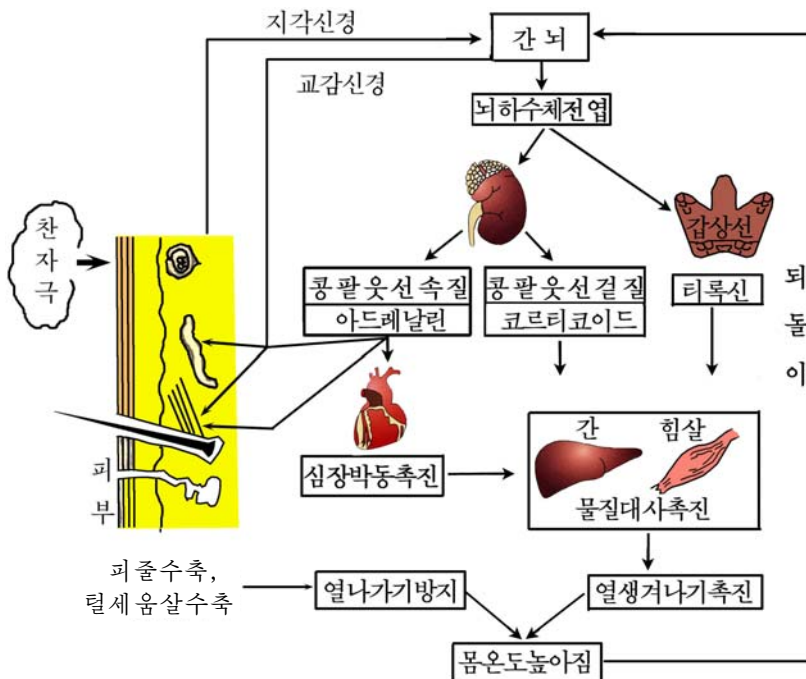



그림 2-16. 체온조절

바깥온도가 낮아지면 이 자극이 지각신경을 따라 시구하부에 있는 체온조절중추에 전달된다. 여기서 생겨난 신경임풀스는 교감신경을 따라 피부에 전달되며 털세움살과 피줄을 수축시켜 열이 몸밖으로 나가지 못하게 한다.

한편 뼈힘살을 수축시키고 아드레날린과 당질성코르티코이드, 티록신을 분비하여 힘살과 간에서의 대사활동을 강화한다.

이렇게 되면 열이 많이 생겨나 체온이 높아진다.

※ 정온동물에서 열이 많이 생겨나는 곳은 뼈힘살이고 그다음은 간이다.
운동할 때에는 총열생산량의 약 90%가 뼈힘살에서 생긴다.

반대로 체온이 높아지면 이번에는 시구하부의 체온조절중추로부터 신경임풀스가 부교감신경을 따라 피부에 전달되여 피줄이 확장되고 땀이 많이 나서 열방출이 촉진된다.

한편 물질대사활동이 약하게 진행되여 열생산량이 줄어든다.

이와 같은 과정이 바깥환경의 온도변화에 맞게 제때에 진행되기때문에 체온은 늘 일정한 수준으로 유지된다.

여러가지 농도의 소금용액이 붉은피알의 모양에 주는 영향 알아보기

준비

토끼, 시험관, 피페트, 스포이드, 시계접시, 주사기, 1% NaCl용액, 2% NaCl용액, 5% 레몬산나트리움용액, 증류수, 약솜, 현미경

방법

1) 9개의 시험관에 번호를 붙이고 다음의 표와 같이 증류수와 소금용액을 넣어 0.1%씩 차이가 있는 9개의 소금용액을 준비한다.

시험관번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9
증류수/mL	2.1	1.8	1.5	1.2	0.9	0.6	0.3		
1% NaCl용액/mL	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	2% NaCl 3mL
농도/%	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	2.0

2) 주사기에 얻으려는 피량의 1/4정도 되게 5% 레몬산나트리움용액을 빨아들이고 토끼의 귀정맥에서 주사기로 피를 빨아넣고 여러번 가볍게 흔든 다음 그것을 시계접시에 넣는다.

3) 매 시험관에 준비한 피를 스포이드로 두방울씩 떨구고 가볍게 흔들어놓는다.

4) 5분 지나서 1, 3, 5, 8, 10시험관의 피를 각각 다른 받침유리에 한방울씩 놓고 덮개유리를 덮은 다음 현미경(400~600)으로 관찰한다.(붉은피알의 모양과 밀도에 주의를 돌리면서)

분석과 토론

○ 색갈과 맑기가 달라지는 원인은 무엇인가?
○ 색갈과 맑기는 붉은피알의 모양과 어떤 관계가 있는가?
○ 몇%의 소금용액이 붉은피알의 모양과 기능을 보장하는데 알맞는 농도인가?

결과처리

5분정도 지난 다음 매 시험관의 색갈과 맑기를 비교하고 기록한다.

주의할 점

○ 9개의 시험관에 넣는 증류수와 1% NaCl용액의 량을 표대로 정확히 취해야 한다.
○ 감염되지 않게 하기 위하여 소독한 주사기로 토끼귀정맥에서 피를 뽑아야 한다.

1. 피를 많이 흘린 후 물을 마시면 나쁘다. 왜 그런가?
2. 피당량조절에 어떤 호르몬이 참가하며 어떤 작용을 하는가?
3. 체액의 pH조절에서 콩팥이 어떤 역할을 노는가?

제 4 절. 면역과 항상성

· 면역계통에 의하여 항상성이 어떻게 유지조절되는가?

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《무엇보다도 전염병을 예방하기 위한 투쟁을 강화하여야 합니다.》

위대한 령도자 **김정일**원수님의 현명한 령도와 은혜로운 사랑속에서 우리 인민은 병에 대한 근심걱정을 모르고 건강한 몸으로 행복하게 살고있다.

1. 면 역

생각하기

어떤 전염병을 한번 앓고난 뒤에는 그 병에 다시 걸리지 않는다. 그것은 몸안에 면역이 형성되였기때문이다.

면역이란 무엇이며 면역에는 어떤 종류들이 있는가?

면역은 면역담당세포에 의하여 형성된다.

면역담당세포

생각하기

피속에는 붉은피알과 함께 흰피알이 1㎣에 5 000~8 000개($5.0\sim8.0\times10^9$개/L)나 있다.

흰피알에는 어떤 종류들이 있으며 몸에서 어떤 역할을 하는가?

면역담당세포에는 큰먹기세포(단핵구), B세포, T세포가 있다.

B세포는 뼈속에서 만들어져 피속에 들어가 성숙한 세포이다. B세포는 항체를 만들기에 알맞게 되였는데 많은 리보체와 발달된 내질망을 가지고있다. B세포는 비장, 림파매듭에 많으며 피속에도 있다. T세포는 뼈속에서 만들어져 가슴선에서 성숙한 세포이다. T세포는 피속에 있으며 림파관을 따라 흐르기도 한다.

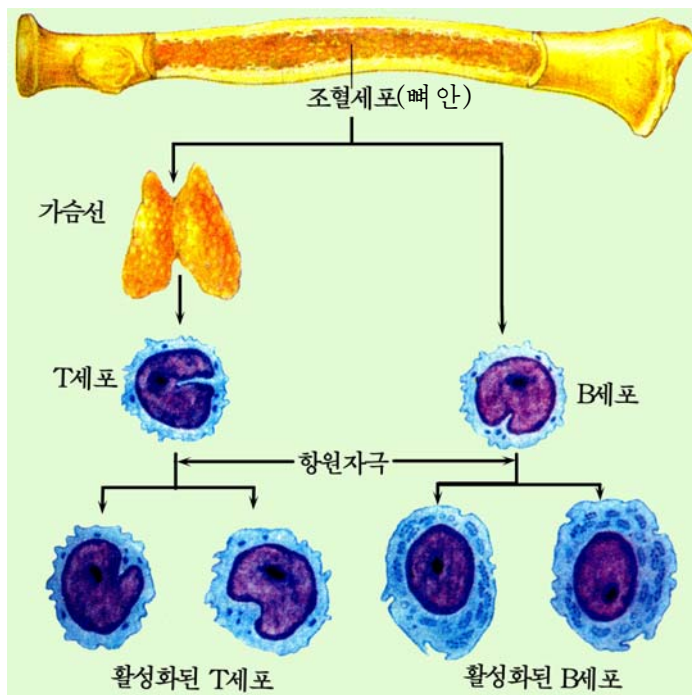



그림 2-17. T세포와 B세포의 분화

※ B세포에서 B는 Bone marrow(골수)의 첫 글자를 딴것이고 T세포에서 T는 Thymus(가슴선)의 첫 글자를 딴것이다.

세포성면역과 체액성면역

T세포는 항원을 인식하고 그것과 직접 반응하여 없애버린다. 이때의 면역을 **세포성면역**이라고 부른다.

B세포는 항체합성단위이며 분비단위이다. 즉 B세포는 큰먹기세포와 T세포의 도움으로 항원과 특이적으로 반응하는 항체를 만들고 그것을 체액속에 분비한다. 이때의 면역을 **체액성면역**이라고 부른다.

그러므로 T세포와 B세포는 다 생명활동에서 매우 중요한 세포들이다.

그것들가운데서 어느 한 종류의 세포를 잃으면 사람과 동물은 병에 걸려 죽는다.

미제국주의자들에 의하여 세계 여러 나라들에 많이 퍼지고있는 에이즈는 에이즈비루스(HIV)에 의하여 T세포가 파괴되기때문에 생긴다.

T세포가 파괴되면 체액성면역이나 세포성면역이 형성되기 힘들게 된다.

HIV는 피 또는 정액 등을 통하여 감염된다.

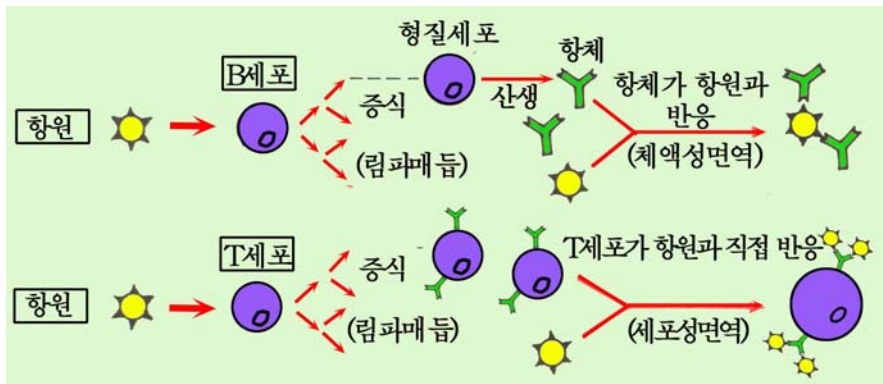



그림 2-18. 체액성면역과 세포성면역

2. 항원항체반응

항원항체반응의 물림새

항원은 다른 종류의 단백질들이다. 저분자물질은 그자체로는 항원으로 되지 못하지만 세포에 결합되여있으면 항원으로 될수 있다.

항원으로 되는 단백질에는 항원결정기가 있다.

항원결정기는 몇개로부터 수십개의 아미노산으로 이루어졌는데 한 종류의 단백질에는 여러개의 항원결정기가 있다.

항체는 어떤 물질인가.

생각하기

토끼에 어떤 항원을 감염시키면 면역이 형성된다. 이 토끼의 피물(혈청)을 분석하여 얻은 6가지 단백질을 조사하여보았더니 γ-글로불린성분이 현저히 증가하는것을 볼수 있다.

이 사실은 무엇을 말해주는가?

항체는 γ-글로불린단백질로서 Y자모양을 하고있는데 4개의 폴리펩티드사슬 즉 두개의 L사슬과 두개의 H사슬로 되여있다.

L사슬과 H사슬은 항체의 종류에 따라 아미노산의 배렬이 다른 변하는 구역과 공통적인 아미노산배렬을 가진 변하지 않는 구역으로 갈라져있다.

항원항체반응이 진행될 때 항체의 변하는 구역은 항원에 일정한 부분(항원결정기)과만 결합한다.

그리하여 항원항체복합체를 형성한다. 이와 같이 항원과 항체가 작용하는 반응을 **항원항체반응**이라고 부른다. 항원항체반응의 결과에 생긴 물질은 독이 없는 물질로서 먹기세포에 의하여 처리되거나 곧 밖으로 배설된다. 그리하여 사람이나 동물은 그 독소로부터 보호된다. 항원항체반응은 몸밖에서도 일어난다. 이러한 특성을 리용하여 시험관에서 항원항체반응을 일으켜 면역이 생긴 정도를 판정하거나 어떤 항원이 들어왔는가를 알아내여 병을 진단한다.

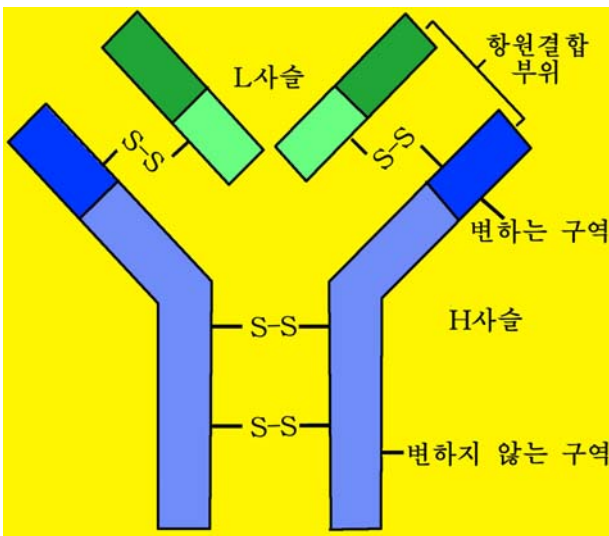
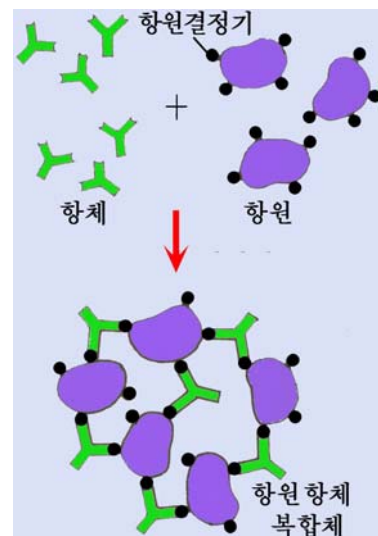



그림 2-19. 항체분자의 구조

그림 2-20. 항원항체반응

왁찐료법과 피물료법

천연두를 예방하기 위하여 독을 약화시킨 천연두비루스를 사람에게 접종하여 천연두에 대한 면역을 형성시킨다.

이와 같이 병을 예방하기 위하여 미리 면역을 형성시키는것을 **왁찐료법**이라고 부른다.

왁찐은 인공적인 항원이다.

생각하기

예방주사를 맞았을 때 몹시 앓는 경우가 있고 그렇지 않는 경우가 있다.
그 원인이 어디에 있다고 생각하는가?

왁찐에는 병원체를 약화시켜 만든 산균왁찐과 병원체를 멸균하여 만든 죽인균왁찐이 있다. 실례로 결핵예방약(BCG)은 산균왁찐이고 장티브스와 파라티브스예방약은 죽인균왁찐이다.

왁찐료법은 항원을 주사하는것이므로 항체가 형성되기까지는 일정한 기간이 걸린다.

독뱀에 물렸을 때에는 미리 다른 동물에 의하여 만든 항체가 들어있는 피물을 주사하면 치료할수 있다. 이러한 치료방법을 **피물료법(혈청료법)**이라고 부른다.

3. 항체형성의 물림새

항체형성에서 림파구의 역할

항원이 몸안에 들어오면 큰먹기세포가 그것을 탐식하고 항원정보를 만든다.
T세포도 항원정보를 받아서 B세포에 넘겨준다.
그러면 B세포는 증식분화하여 항체를 만드는 형질세포로 전환된다.
이 형질세포가 항체를 만들어 피속으로 내보낸다.

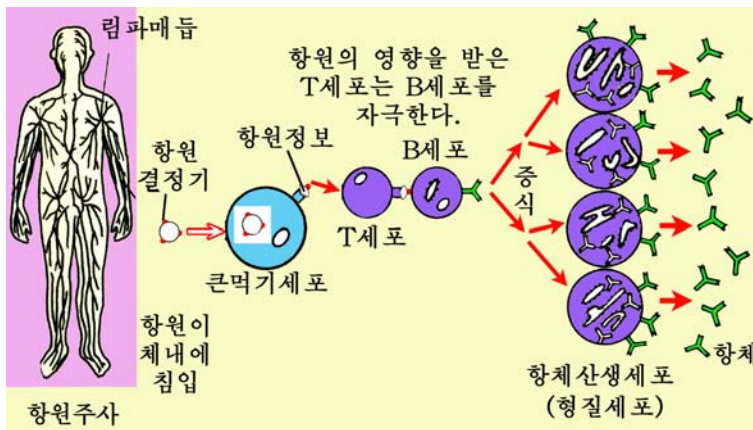



그림 2-21. 항체형성의 물림새

항체가 만들어지는 물림새에 대한 연구가 깊어지면서 1970년대 후반기부터 단클론항체를 인공적으로 만들어 리용하고있다.

알레르기아

생각하기

어떤 음식을 먹었을 때 두드러기가 돋는다든가, 항생제주사를 맞았을 때 부작용이 나타나는 현상이 있다.

이 현상의 원인이 어디에 있다고 생각하는가?

항원항체반응은 대부분 몸에 리로운것이지만 어떤 경우에는 해로운 현상을 나타낸다. 이와 같이 항원에 대한 생체의 이상반응을 **알레르기아**라고 부른다.

알레르기아는 몸에 해를 주며 항상성을 파괴한다. 그러므로 병원에서는 항생제를 주사하려고 할 때에는 반드시 부작용이 나타나지 않겠는가를 미리 검사해본다.

거절반응

생각하기

화상을 입었을 때 피부를 옮겨주어(이식) 화상부위를 빨리 회복시키고있다.

자기 피부가 아닌 다른 사람의 피부를 옮겨주면 어떤 현상이 나타나겠는가를 생각해보아라.

다른 사람의 피부는 받는 사람에게 항원으로 된다. 그러므로 피부를 받은 사람의 몸에서 항체가 생겨나 항원항체반응이 일어난다. 결과 옮겨붙인 피부는 못쓰게 되고 나중에는 떨어져나간다. 이것을 **거절반응**이라고 부른다.

거절반응이 나타나면 피부를 옮겨붙일수 없으며 따라서 항상성을 유지할수 없다.

그러나 학자들은 거절반응이 나타나는 리치를 연구하고 그것을 막는 방도를 연구하였다. 그리하여 1954년부터 장기이식이 시작되여 현재는 피부를 옮기는것은 물론 심장이나 콩팥 같은 장기들도 안전하게 옮겨붙이고있다.

※ 콩팥웃선겉질자극호르몬(ACTH)과 콩팥웃선겉질호르몬(코르티존, 히드로코르티존)은 면역담당세포들의 반응력을 낮추고 신경계통의 작용을 완화시킨다. 그러므로 현재 콩팥웃선겉질자극호르몬이나 코르티존을 근육주사하여 피부이식을 했을 때 거절반응이 일어나지 않게 하고있다.

뜻하지 않은 사고로 부상을 입은 환자가 생기면 우리 나라에서는 혁명적동지애를 높이 발휘하여 저저마다 자기의 뼈와 살을 떼주어 빨리 회복시키고있다. 이것은 위대한 장군님을 모시고 사는 우리 나라에서만 볼수 있는 순결하고 고상한 미풍이다.

1. 면역의 종류들사이에는 어떤 관계가 있는가?
2. 항원항체반응이란 무엇인가. 그리고 그의 특성은 무엇이고 어떤 의의를 가지는가?
3. 수많은 항원에 해당한 항체(γ-글로불린)가 만들어질수 있는 조건은 무엇인가?

제 5 절. 동물의 행동

· 동물의 행동에는 어떤 종류들이 있으며 그 특성은 무엇인가?

동물이 살고있는 환경은 늘 일정하지 않고 끊임없이 변화된다. 그러므로 동물은 살아가기 위하여 변화된 환경에 맞게 부단히 움직인다. 동물이 생활과정에 나타내는 움직임의 총체를 **동물의 행동**이라고 부른다. 행동에는 먹이를 찾아다니거나 둥지를 트는 복잡한 행동도 있고 풍뎅이와 같이 다치면 꼼짝하지 않고 죽은체 하는 단순한 행동도 있다. 행동의 기초에는 호르몬과 함께 특히 신경계통의 복잡한 련합과정이 놓여있다. 그러므로 신경계통의 구조와 기능이 발달한 동물일수록 그리고 한 개체에서도 새끼로부터 엄지로 자라면서 더 복잡하고 높은 수준의 행동을 진행한다. 동물의 행동은 크게 정해진 행동과 변하는 행동으로 나누어볼수 있다.

1. 정해진 행동

정해진 행동은 변하지 않고 틀에 박힌듯 한 고정된 행동으로서 유전학적으로 볼때 타고난것이다. 정해진 행동에는 따름성, 무조건반사, 본능이 있다.

따름성

밤나비를 비롯한 적지 않은 곤충과 일부 물고기들은 밤에 불빛을 따라 모여들고 파리는 암모니아냄새를 따라 모여든다. 곤충이나 개구리를 뒤집어놓으면 인차 몸을 바로잡는다. 이때 동물의 움직임을 일으킨 빛, 화학물질, 중력은 자극원으로 된다.

자극원에 대하여 일정한 방향성을 가지고 움직이는 행동을 **따름성**이라고 부른다. 따름성에는 자극원의 종류에 따라 빛따름성, 화학물질따름성, 중력따름성, 열따름성

등 여러가지가 있다. 동물에 따라 따름성의 방향은 다르다. 실례로 파리와 같이 자극원을 향하여 양성따름성을 나타내는것도 있고 지렁이처럼 자극원을 멀리 하는 음성따름성도 있다. 지렁이는 빛에 대한 음성따름성에 의하여 어두운 곳으로 옮겨가 몸이 마르지 않게 한다.

따름성에서 운동방향을 잡는 물림새는 동물의 발달정도에 따라 다르다.

곤충의 따름성물림새

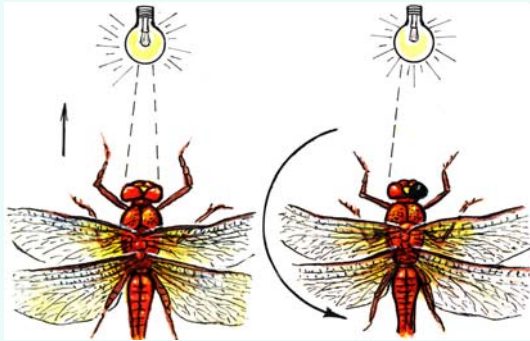



그림 2-22. 잠자리의 따름성물림새실험

곤충의 빛따름성은 많은 경우 두눈에 들어오는 빛량이 같아지도록 몸의 방향을 돌리면서 움직이기때문에 나타난다.

그림에서와 같이 한쪽눈에 먹칠한 잠자리는 먹칠을 하지 않은쪽으로 맴돌고 량쪽눈에 먹칠을 하지 않은 잠자리는 일정한 방향으로 날아간다.

○ 한쪽눈에 먹칠한 잠자리가 맴도는 원인은 무엇인가?

○ 동물들의 빛따름성을 어떻게 리용할수 있겠는가?

무조건반사

젖먹이동물의 새끼는 낳아서 인차 젖꼭지를 물고 젖을 빠는 행동을 하며 뜨거운것이 몸에 닿으면 생각할 사이도 없이 몸을 끌어당기는것과 같은 행동을 한다.

이와 같이 뜻과 관계없이 나타나는 비교적 단순한 반사행동을 **무조건반사**라고 부른다. 무조건반사행동의 중추는 척수나 뇌간부이며 이 행동은 날 때부터 가지고있는 반사길에 의하여 일어난다. 무조건반사행동은 모두 위험으로부터 피하는 등 생명의 보존과 관계되는것들로서 그 종류가 많지 못하다.

본능

거미의 새끼는 배워주지 않아도 엄지거미처럼 거미줄을 치고 벌레를 잡아먹으며 새들은 때가 되면 둥지를 틀고 알을 낳아 새끼를 깨우는 복잡한 행동을 한다.

이처럼 배우지 않고도 하는 복잡한 행동을 **본능(본능행동)**이라고 부른다.

본능과 무조건반사행동은 어떤 관계가 있는가.

본능은 몇가지 무조건반사(부분행동)가 단순히 기계적으로 이어져 나타나는 행동이다. 그러므로 어떤 자극에 의하여 행동을 시작하면 곧 정해진 순서에 따라 해당한 부분행동들이 차례로 마지막까지 나타나게 된다. 그리고 행동의 순서는 좀처럼 달라지지 않는다.

생각하기

새는 번식기에 둥지를 틀려고 나무가지를 물고오다가 도중에 떨어뜨렸을 때 되돌아서지 않고 둥지까지 온 다음 둥지를 트는 시늉을 하고서야 다시 날아간다.

○ 새가 둥지를 트는 행동을 보고 무엇을 알수 있는가?

○ 새가 둥지를 트는 행동은 어떤 부분행동들로 이루어졌는가?

본능행동은 무조건반사행동들이 련이어 맞물려져 나타나는 행동으로서 그 기초에는 태여날 때부터 형성되여있는 반사길이 놓여있다.

신경계통이 발달한 고등동물의 본능행동은 시구하부의 통제를 받는 호르몬의 영향을 받는다. 물고기가 알낳이철에 일정한 장소에 모여드는 현상, 새류나 젖먹이류의 동물들이 새끼를 기르는 행동은 성호르몬의 영향에 의한것이다.

동물의 본능행동은 개체를 유지하는데서도 중요하지만 특히 자기 종을 유지해나가는데서 큰 의의가 있다.

2. 변하는 행동

변하는 행동은 동물이 살아가는 과정에 생겨나며 조건에 따라 쉽게 변할수 있다. 변하는 행동은 대뇌피질이 발달한 젖먹이류나 새류에서 흔히 볼수 있다.

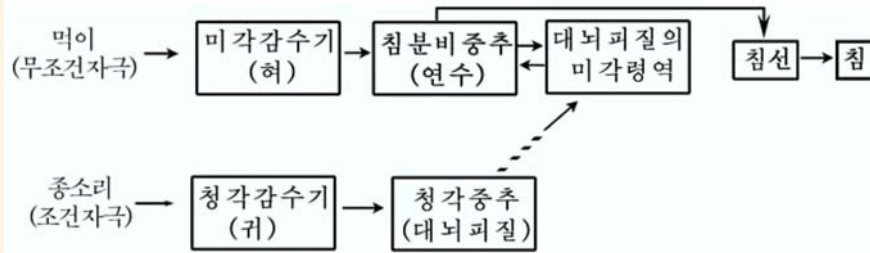
변하는 행동에는 조건반사, 길들기, 《지능》행동 등이 있다.

조건반사

개의 입안에 먹이가 들어가면 침이 흘러나오는 무조건반사가 일어난다. 다음 개에게 종소리를 들려준 다음 먹이를 주는 일을 거듭하면 종소리만 들어도 침이 흘러나온다.

개의 침분비실험에서 보는것처럼 조건자극(종소리)만 주어도 무조건자극(먹이)을 줄 때와 같은 효과가 나타나는 반사를 **조건반사**라고 부른다.

생각하기

도식을 보고 조건반사가 형성되는 길을 생각해보아라.

※ 여기에서 ⋯→ 표시는 일시적련계를 보여준것이다.

조건반사가 형성되자면 조건자극을 무조건자극보다 시간적으로 앞서 어느 정도 거듭 작용하여야 한다.

조건반사는 생활과정에 얻어지며 대뇌피질이 참가한다.

그러므로 대뇌피질을 제거하면 조건반사는 일어나지 않는다.

고등한 동물의 복잡한 행동의 기초에는 조건반사가 놓여있다. 동물에 따라 나타나는 조건반사의 형식은 다양하며 형성속도도 다르다.

생각하기

사람에게서는 대뇌피질이 가장 발달하였고 조건자극을 대신할수 있는 언어활동에 의하여 임의의 조건반사가 빨리 형성될수 있다.

우리가 공부할 때 조건반사가 어떻게 형성되는가를 생각해보아라.

동물의 조건반사는 인공적으로도 형성시킬수 있으나 주로 동물자체가 어떤 행동을 거듭하는 과정에 형성되며 이것은 본능행동의 부족점을 보충하여 변하는 환경에 더 잘 적응해나갈수 있게 한다.

길들기

자연상태의 물고기들은 사람이 가까이 가면 놀라서 달아나지만 양어장의 물고기는 사람이 나타나면 모여든다. 이것은 주는 먹이를 늘 받아먹는 과정에 생긴 물고기의 새로운 행동이다. 동물의 《생활경험》에 의하여 새로운 행동을 하게 되는것을 **길들기**라고 부른다.

생각하기

길들기는 어떤 행동을 여러번 거듭하는 과정에 목적을 달성하면 그 기억을 남겨 차츰 잘못하는 회수가 줄어든 결과에 형성된다.

물고기의 길들기과정에는 어떤 《생활경험》이 얻어지겠는가를 생각해보아라.

길들기의 원리를 리용하면 리로운 야생동물을 빨리 길들일수 있고 개나 곱등어, 곰 같은 동물에게 흔히 하지 않는 새로운 여러가지 동작을 배워줄수 있다.

《지능》행동

대뇌피질이 발달한 동물은 길들기보다 더 복잡한 행동을 할수 있다.

동물의 《지능》행동

그림에서와 같이 실험동물들이 직접 먹이가 있는 곳으로 갈수 없게 쇠그물로 막아주고 한쪽에 문을 만들어놓는다.

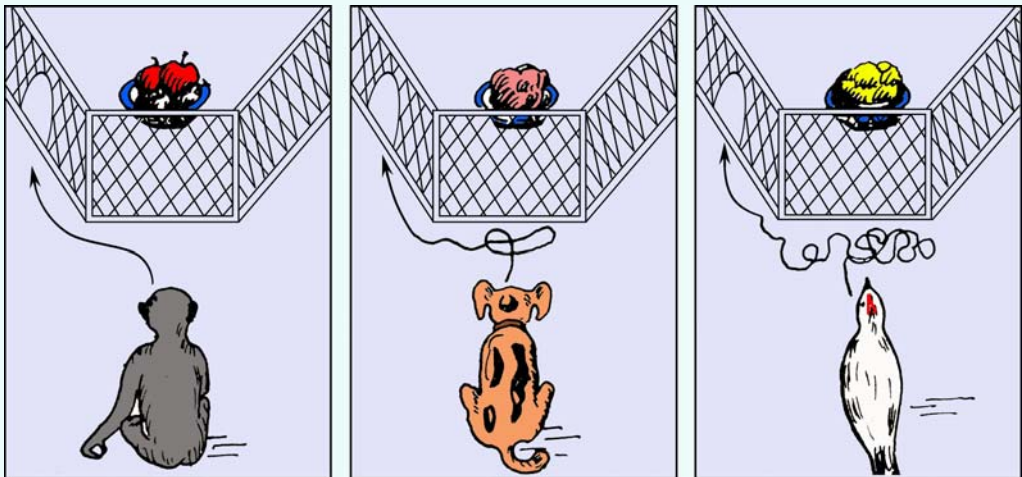



그림 2-23. 《지능》행동실험

닭은 먹이가 있는 곳으로 곧바로 가려는 동작만 거듭하면서 에돌아서 들어갈줄 모른다. 그러나 개는 먹이를 보고 한두번 왔다갔다하다가 인차 문을 찾아 들어간다.

원숭이는 주위를 살펴보고 실수없이 곧바로 문을 찾아 들어간다.

이 실험을 통하여 무엇을 알수 있는가?

대뇌가 발달한 동물들이 생활에서 얻은 《경험》과 《배우기》에 기초하여 앞을 내다보는것과 같은 행동을 **《지능》행동**이라고 부른다.

실험에서 알수 있는바와 같이 《지능》행동은 《기억》과 《추리》에 의해서 주어진다.《기억》은 《지능》행동을 낳게 하는 중요한 신경생리적과정이다.

동물의 《지능》행동은 수준이 보잘것없지만 그것을 잘 리용하면 우리들의 생활에서 적지 않은 도움을 받을수 있다. 동물의 《지능》행동은 뇌수가 발전한 동물일수록 더 정확하고 복잡하다.

파라메시움의 화학물질따름성 알아보기

준비

배양한 파라메시움, 현미경, 받침유리, 해부바늘, 소금덩어리

방법

1) 받침유리의 한쪽에는 배양한 파라메시움이 들어있는 물을 한방울 떨구고 다른쪽에는 깨끗한 물 한방울을 거리가 1.5㎝정도 되게 떨군다.

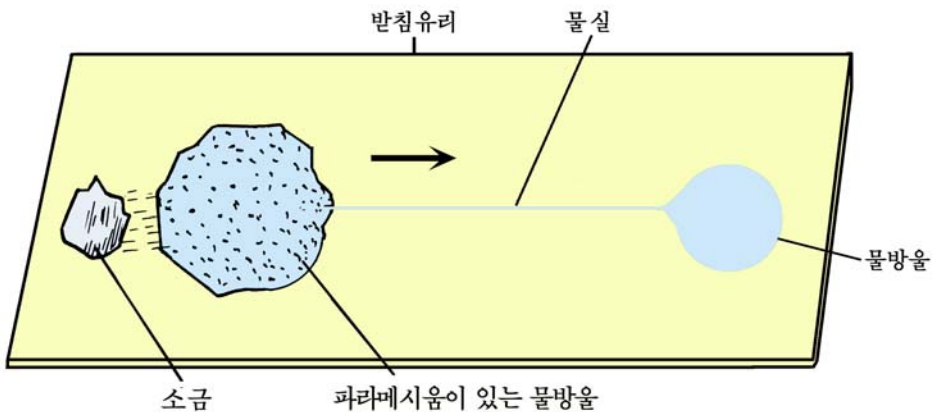



그림 2-24. 파라메시움의 화학물질따름성운동

2) 해부바늘로 물방울에서부터 배양한 파라메시움이 들어있는 물방울방향으로 그어 두 물방울사이를 물실로 련결한다.

3) 낮은 배률(80∼120)의 현미경으로 파라메시움이 들어있는 물방울에서 파라메시움의 운동을 관찰한다.

4) 파라메시움이 들어있는 물방울 가까이에 소금덩어리를 놓아 천천히 풀리도록 한다.

5) 현미경으로 물방울과 물실에서 파라메시움의 이동상태를 관찰한다.

분석과 토론

○ 소금덩어리가 없을 때와 있을 때 파라메시움의 운동상태에서는 어떤 변화가 일어나는가?

○ 파라메시움은 물실을 따라 어느쪽으로 이동하는가?

결과처리

관찰결과를 기록하고 그 원인을 밝힌다.

주의할 점

○ 물실이 지나치게 가늘면 관찰도중에 인차 마를수 있으므로 바늘정도굵기의 가는 쇠줄 같은것으로 련결해야 한다.

○ 물실에서 파라메시움의 이동을 관찰할 때 현미경시야에서는 이동방향이 반대로 나타난다는것에 주의를 돌려야 한다.

문 제

1. 반사와 본능의 같은 점과 다른 점은 무엇인가?
2. 동물에서 《지능》행동은 어떻게 이루어지는가?
3. 조건자극보다 무조건자극을 먼저 주어 버릇하면 왜 조건반사가 형성되지 않는가?
4. 조건반사와 《배우기》에 의한 행동이 다른 점은 무엇인가?

참 고

조건반사의 종류

조건반사는 여러가지 표징에 따라 나누고있다.

○ 조건반사형성에 참가하는 감수기의 종류에 따라 바깥감수기성조건반사, 속감수기성조건반사, 고유감수기성조건반사로 나눈다.

○ 조건반사가 무엇에 기초하여 이루어지는가에 따라 나눌수 있다.

무조건반사에 기초하여 이루어지는 경우 1차조건반사, 1차조건반사에 토대하여 이루어지는 경우 2차조건반사, 2차조건반사에 기초하여 이루어지는 경우 3차조건반사 등으로 나눈다. 3차조건반사로부터 11차조건반사까지를 **고차조건반사**라고 부른다.

대뇌피질이 발달한 개체일수록 높은 급의 조건반사를 형성시킬수 있다.

○ 조건반사는 그 생물학적의의에 따라 방어조건반사, 먹이조건반사 등으로 나눈다. 조건반사는 또한 조건자극의 성격에 따라 자연조건반사와 인공조건반사로 나눈다.

자연조건반사는 냄새, 빛과 같은 자연적속성이 조건자극으로 되여 이루어지지만 인공조건반사는 전등불, 종소리와 같은 인위적인 자극이 조건자극으로 되여 형성된다.

생물의 생태

생물과 환경

생물들사이의 관계

생태계에서의 물질순환과 에네르기흐름

생태계의 특성과 리용

생태환경과 생물다양성보호

제 3 장. 생물의 생태

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《환경보호사업은 사람의 생존과 활동에 유리한 자연환경을 유지하고 보존하며 불리한 자연환경을 유리한 자연환경으로 개조하는 사업입니다.》

생물은 바깥환경과 밀접한 관계를 맺지 않고서는 살아갈수도 없고 자체를 유지할수도 없다.

생물이 환경과 물질 및 에네르기를 주고받으면서 일정한 관계를 맺고 살아가는 모습을 **생태**라고 부른다.

생물의 생태를 인식하는것은 생물의 본성을 깊이 파악하고 농업, 축산업, 수산업, 생물자원보호 등 실천분야에서 나서는 문제들을 풀어나가는데서 중요한 의의를 가진다.

제1절. 생물과 환경

· 환경요인이 생물에 어떤 영향을 주는가?
· 생물이 무기환경에 어떤 영향을 주는가?

1. 생물권과 환경요인

지구우에서 생물이 사는 공간을 **생물권**이라고 부른다. 생물권의 웃한계는 해발 10km까지이며 아래한계는 바다밑 11km까지이다.

생물은 땅겉면을 기본으로 하고 하늘과 땅속, 물속에 퍼져 살고있다. 그러나 고르롭게 퍼져 살지는 않는다. 왜냐하면 생물권안에서도 생물이 살수 있는 환경이 지역에 따라 다르며 매 생물종들은 자기에게 알맞는 조건에서만 살수 있기때문이다.

생물의 생활에 리롭게 또는 해롭게 영향을 주는 바깥조건의 총체를 **환경** 또는 **자연환경**이라고 부른다. 환경을 이루는 매개의 요인들을 **환경요인**이라고 부른다. 환경요인을 **무생물요인**(무기환경요인)과 **생물요인**으로 나눈다.

환경요인들은 서로 밀접히 련관되여있다.

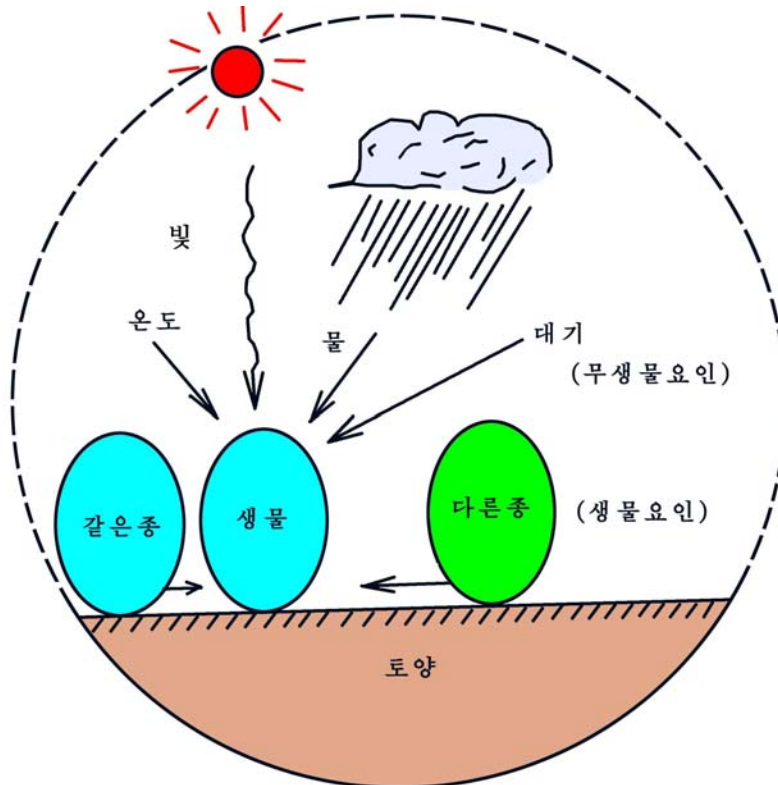
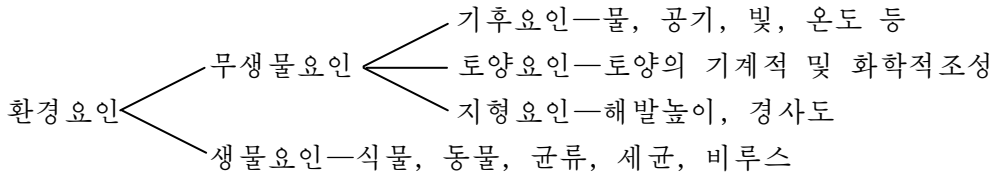



그림 3-1. 환경과 환경요인

2. 생물에 주는 환경요인의 영향

물

생물은 자기에게 알맞는 물조건이 보장될 때 잘살수 있다.

물은 살아있는 생물체질량의 80%이상을 차지한다. 물에 대한 요구성은 생물의 종에 따라, 자라는 단계에 따라 다르다.

생각하기

○ 물에 대한 요구성이 가장 높은 생물과 가장 낮은 생물에는 각각 어떤것들이 있는가?

○ 사람이 살아가는데 알맞는 대기습도는 몇%인가?

온도

생물은 알맞는 온도범위에서만 정상적으로 살수 있다. 따라서 생물의 분포도 온도의 영향을 크게 받는다.

생물이 살수 있는 온도범위도 생물종에 따라, 자라는 단계에 따라 다르다. 많은 생물이 살수 있는 온도구간은 0℃부터 50℃까지이다. 칠색송어는 물온도가 13～18℃, 붕어는 20～25℃에서 활발하게 운동한다.

생물은 불리한 온도조건을 여러가지 형식과 방법으로 이겨내거나 적응하여 살아간다. 대기온도가 올라갈 때 정온동물은 땀분비, 식물은 물기날기를 통하여 몸안온도를 조절한다.

빛

빛은 생물이 살아가는데 큰 영향을 준다. 특히 빛은 빛합성의 에네르기원천이다. 빛은 빛세기와 빛비침시간(낮시간)으로 생물체에 영향을 준다. 식물에서는 빛비침시

간이 긴가 짧은가에 따라 꽃피기가 유도되기도 하고 억제되기도 한다. 동물에서는 빛비침시간의 변화에 따라 번식, 털갈이, 이동, 잠자기 등의 주기적인 활동이 진행된다.

빛은 생물의 지리적분포에도 영향을 준다. 적도지방에는 밤에만 활동하는 젖먹이류와 새류가 많은데 그것은 그 지방의 밤이 북방의 여름밤보다 길기때문이다. 식물은 양지에서 잘 자라는가, 음지에서 잘 자라는가에 따라 양지식물과 음지식물로 가르기도 한다.

생각하기

○ 꽃피기유도가 빛비침시간이 길어질 때 일어나는 식물과 짧아질 때 일어나는 식물에는 각각 어떤것들이 있는가?

○ 빛비침시간이 길어질 때와 짧아질 때 동물의 행동에서 주기적인 변화가 생기는 실례를 들어보아라.

○ 양지식물과 음지식물에는 어떤것들이 있는가?

해보기

양지식물과 음지식물의 모양과 구조를 눈과 현미경으로 관찰하고 비교표를 만들어라.

공기

공기는 화학적조성과 물리적작용을 통하여 생물의 생활에 영향을 준다. 공기속에 산소가 부족하면 동식물에서는 숨쉬기를 비롯한 생명활동에 지장을 받는다.

바람은 식물의 꽃가루를 날라다주어 수정을 시키거나 종자를 퍼뜨리는 역할을 한다. 또한 일정한 지역의 상대습도와 기온을 변화시킨다. 센 바람은 나무나 농작물을 넘어뜨리거나 열매를 떨구어 농업생산과 과수업에 큰 피해를 준다.

○ 공기중에 산소가 부족하면 동물과 식물의 숨쉬기에서 어떤 피해를 받겠는가?
○ 바람막이숲은 왜 조성하는가?

토양

토양은 생물이 사는 생활장소이며 무기영양물질과 물의 원천지이다. 토양에는 여러가지 무기염과 유기물질이 포함되여있는데 그 함량은 지대마다 다르다. 토양에 Na_2CO_3이 0.005%만 들어있어도 식물은 죽으며 NaCl농도가 1%이면 짠살이식물밖의 식물들은 자라지 못하거나 죽는다. 그리고 토양속에 수은, 카드미움, 비소, 연, 크롬 등 중금속이온이 들어가면 생물의 몸에 흡수된 다음 배설되지도 분해되지도 않고 다른 생물의 몸에 옮겨지면서 중독을 일으킨다. 산성토양에서는 식물뿐아니라 미생물도 잘살지 못한다.

○ 산성토양에서 식물과 미생물이 잘살지 못하는것은 무엇때문인가?
○ 산성토양을 개량하자면 어떻게 해야 하는가?

3. 무기환경에 주는 생물의 영향

생물은 환경을 이루는 하나의 요소로서 무기환경의 영향을 받을뿐아니라 반대로 무기환경에 영향을 주기도 한다.

생물은 토양형성에 영향을 준다. 동식물이 죽은 다음 토양속에 들어가면 미생물이 그 잔해나 배설물을 분해하여 부식질을 만들어 토양조성을 좋게 한다. 지의나 땅밥, 이끼들은 바위에 붙어살면서 그것을 풍화시켜 토양을 형성한다. 땅겉면이 완전히 식물로 덮인 숲지역에서는 비물에 토양이 씻겨내리지 않는다.

생물은 공기조성에 영향을 미친다. 식물은 빛합성과정에 대기중의 CO_2을 흡수하고 O_2을 내보내며 동물은 숨쉬기과정에 대기에서 O_2을 받아들이고 CO_2을 내보낸다. 식물은 아류산가스를 비롯한 유해물질을 흡수할뿐아니라 일정하게 공기중의 먼지도 잡고 소음도 막아준다.

식물은 물환경에도 영향을 준다. 물살이식물이 죽으면 가라앉아 쌓이고쌓여 바닥질의 상태를 변화시킨다.

생각하기

○ 숲지역에서는 왜 토양이 비물에 씻겨내리지 않는가?

○ 담쟁이덩굴을 심어 건물에 올라가도록 하는것이 어떤 의의가 있는가?

자료분석

숲속과 빈땅에서 공기온도의 하루변화

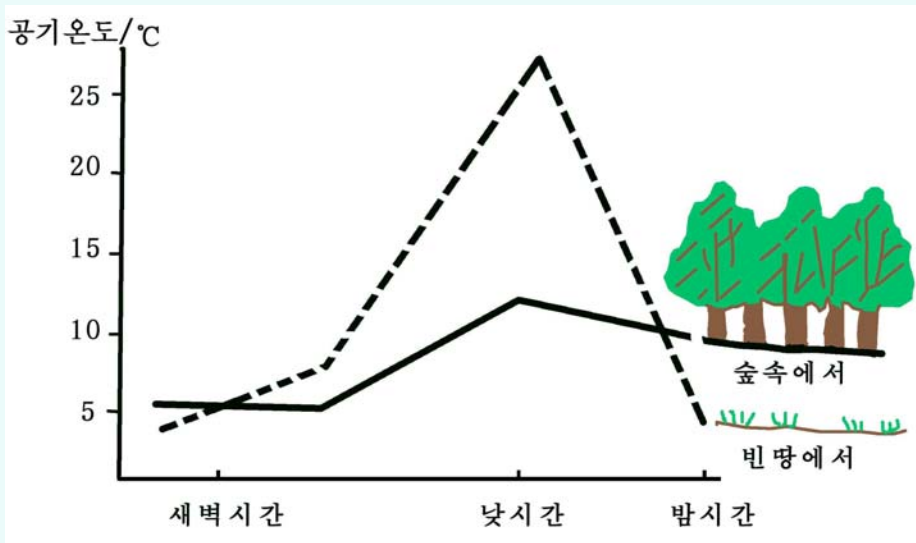



그림 3-2. 숲속과 빈땅에서 공기온도의 하루변화

숲속과 빈땅에서 공기온도의 하루변화는 어떻게 나타나며 그 원인은 무엇인가, 이것을 통하여 어떤 문제를 생각해볼수 있는가?

1. 공기는 어떤 물질들로 이루어져있는가?
2. 먼지는 어떤 때 생겨나는가?
3. 도시에 나무를 많이 심는것이 어떤 의의가 있는가?
4. 논밭에 유기질비료를 많이 내면 어떤 좋은 점이 있는가?

사막화와 황사현상

사막이란 식물이 자라지 못하거나 거의 없는 황막한 모래땅을 말한다.

여기서는 기온이 높고 낮과 밤의 기온차이가 심하며 년평균강수량이 20㎜이하로서 매우 적다. 열대와 아열대, 온대의 메마른 기후지대에 분포되여있다. 사막기후의 특징은 비가 매우 적게 내리고 증발이 심한것이다. 사막에서는 일반적으로 센 바람이 부는데 특별히 센 바람이 불 때에는 모래먼지가 거리가 먼 우리 나라에까지 날리여온다. 사막에서 부는 특별히 센 바람에 의하여 모래먼지가 날리는것을 **황사현상**이라고 하며 사막주변의 건조지역이 사막으로 변하는 현상을 **사막화**라고 부른다.

사막화는 지구온난화에 의한 강수량의 감소, 기온의 상승, 모래폭풍을 비롯한 자연적요인에 의해 일어난다. 이밖에 사람들이 산림을 란벌하고 물자원과 토지자원을 망탕 리용함으로써도 일어난다.

지금 사막화는 륙지면적의 35%에 해당되는 땅과 8억 5천만명의 인구를 위협하고있으며 해마다 600만정보의 땅이 사막화되고있다고 한다.

제 2 절. 생물들사이의 관계

- 개체무리의 크기는 어떻게 정해지는가?
- 개체무리안에서 개체들사이에는 어떤 관계가 있는가?
- 생물무리모임에서 생물종들사이에는 어떤 관계가 있는가?

같은 종에 속하는 생물들은 거의 비슷한 생활조건을 요구한다. 그러므로 생물은 같은 종의 다른 개체들과 떨어져 혼자 사는것이 아니라 일정한 지역에서 무리를 지어산다. 이렇게 일정한 지역에서 서로 영향을 주고받으면서 사는 같은종개체들의 모임을 **개체무리(개체군)**라고 부른다.

그림 3-3. 갈매기의 개체무리

1. 개체무리의 크기

개체무리의 크기는 단위면적에서 사는 개체수 즉 **개체밀도**(D)로 표시한다.

$$D=\frac{N}{S}$$

S: 개체무리가 차지한 면적

N: S안의 전체 개체수

개체밀도는 생물의 종에 따라 다른데 일반적으로 몸이 작은 생물일수록 크고 몸이 큰 생물에서는 작다.

만약 개체무리안에서 개체가 새로 생겨나는데 아무런 제한작용도 없다면 그 무리안의 개체수는 지수함수적으로 커질것이다.

$$N_t = N_0 e^{rt}$$

N_t: t시간후 개체수

N_0: 처음 개체수

r : 증가률

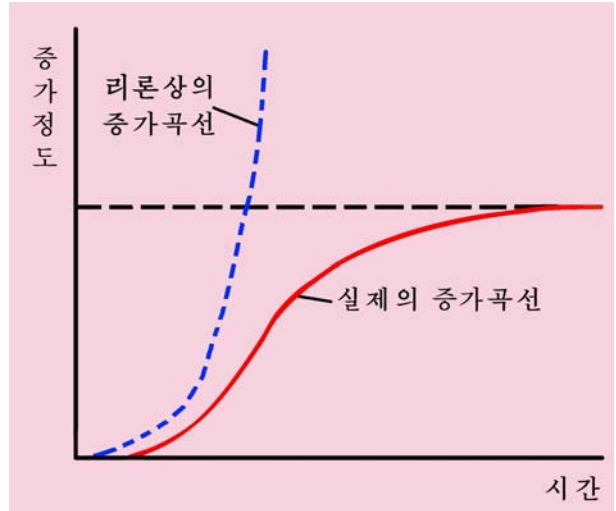



그림 3-4. 개체무리의 증가곡선

그러나 영양원천의 부족을 비롯한 여러가지 제한요인이 작용한다.

이 제한작용이 커져서 일정한 고비값에 이르면 개체수는 더 불어나지 못하고 본래의 개체수를 유지하기만 한다.

개체밀도가 커질수록 한 개체에 차례지는 공간은 작아지며 따라서 생존경쟁이 심해져 죽는률이 높아지게 된다.

개체밀도의 변화에 따라 생물의 모양, 생활활동, 낳는률, 죽는률이 달라지는것을 **밀도효과**라고 부른다. 밀도효과는 자연에서 생물의 개체수를 조절하는데 큰 의의가 있다.

생각하기

○ 개체밀도가 몸이 작은 생물에서 크고 몸이 큰 생물에서 작은 원인은 무엇인가?

○ 밀도효과를 고려하여 식물을 재배하는 례를 들어보아라.

2. 개체무리안에서 개체들사이의 관계

얕은바다의 바위우에서는 섭조개무리, 따깨비무리를 볼수 있다.

이 동물들은 여러 개체가 모여살면서도 호상 련계가 비교적 적다.

그러나 대부분의 생물들은 개체들사이에 매우 긴밀한 련계를 맺고 산다.

먹이와 생활장소를 둘러싸고 일정한 관계가 맺어지는데 그것은 흔히 경쟁관계와 협동관계로 나누어진다.

경쟁관계

식물이나 붙어살이동물처럼 활발하게 움직이지 못하는 개체들은 영양물질, 빛, 물과 같은 생활조건을 얻어내기 위한 경쟁을 기본으로 하여 서로 작용한다.

생각하기

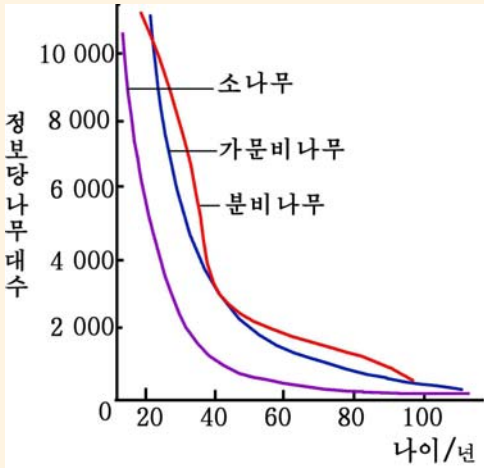



그림 3-5. 바늘잎나무가 자라면서 성글어지는 정도

○ 바늘잎나무가 자라면서 성글어지는 원인은 무엇인가?

○ 바늘잎나무를 처음부터 성글게 심거나 훨씬 더 좁게 심었다면 자라면서 어떻게 되겠는가?

○ 숲을 이룬 소나무들이 홀로 사는 소나무보다 크고 밋밋한 원인은 무엇인가?

활발하게 움직이는 동물무리에서 개체들사이의 경쟁관계는 복잡한 행동으로 나타난다. 어느 한 개체가 일정한 장소를 차지하면 그 장소에는 같은 종의 다른 개체들이 들어오지 못하게 한다. 이런 현상을 **세력권제(터차지제)**라고 부른다. 세력권의 형성은 먹이터와 둥지, 암컷차지를 위한 행동 등으로 나타난다.

은어의 경우에는 빨리 헤염치는것이 먹이가 많은 강여울목을 1㎡정도 먼저 차지하며 꿩매에서는 빨리 나는것이 둥지로부터 반경 4~6km범위내에서 세력권을 형성한다.

한종의 개체들사이에는 먹이를 얻기 위한 생활조건을 차지하는데서 힘이 세고 약한 정도에 따라 차례가 정해지는 경우(차례제)도 있다.

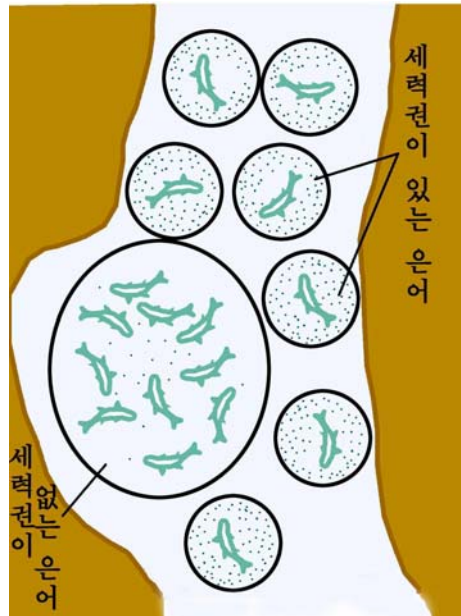



그림 3-6. 은어의 세력권

례를 들어 갓낳은 한배의 새끼돼지들은 젖이 잘 나오는 젖꼭지를 저마다 차지하려고 여러번 싸우는데 일단 순위가 정해진 다음에는 의례히 이긴 순서대로 젖이 잘 나오는 젖꼭지를 차례로 차지하며 젖먹는 기간에 이 현상은 지속된다.

생각하기

○ 세력권의 크기는 운동력이 큰 동물과 작은 동물에서 어떻게 정해지는가?
○ 먹이가 점차 많아지는 지역에서 세력권의 형성범위는 어떻게 되겠는가?

협동관계

동물의 개체무리에서는 한 종의 개체들이 서로 협력하여 더 좋은 생활조건을 마련하면서 살아가는 협동관계도 볼수 있다. 가마우지가 서로 힘을 합쳐 물고기를 잡아먹는것, 추운 밤에 병아리들이 한곳에 모여들어 잠으로써 따뜻한 미기후를 마련하는것들이 그 실례로 된다.

일부 생물에서는 개체무리안에서 개체들이 모양뿐아니라 살아가기 편리하게 하는 일이 분화된것도 있다.

해보기

꼭같은 크기의 두개의 화분에 배추씨를 심고 싹터 나온 후 한개의 화분에서는 씨솎음을 하고 다른 한 화분은 그대로 두고 자라는 상태를 관찰하면서 협동관계와 경쟁관계를 찾아내여라.

3. 생물무리모임에서 생물종들사이의 관계

자연계에는 보통 여러종의 생물들이 각각 개체무리를 이루고 산다. 실례로 소나무숲에서는 소나무, 진달래나무, 싸리나무, 그늘사초, 송충, 뻐꾸기, 메새 등 여러종의 생물이 제각기 개체무리를 이룬다. 이런 곳에서는 같은 종의 생물들사이는 물론 다른 종의 개체들사이에도 일정한 련계가 맺어진다.

이처럼 일정한 지역에서 서로 영향을 주고받으면서 함께 살고있는 여러종의 개체무리전체를 **생물무리모임(생물군집)**이라고 부른다.

생물무리모임의 크기는 규정되여있지 않다.

생물무리모임은 식물무리모임, 동물무리모임, 미생물무리모임으로 나누어볼수 있다.

생물무리모임안에서는 수평 및 수직으로 여러개의 층이 생긴다. 즉 층계성이 나타난다.

층계성은 식물무리모임에서 더욱 명백하게 나타난다. 참나무숲의 제일 우에는 참나무, 피나무 등의 식물이 층을 이루고 밑으로 내려가면서 단풍나무, 싸리나무, 철쭉나무, 거북꼬리풀, 그늘사초들이 층을 이루며 제일 밑에 이끼층이 있다.

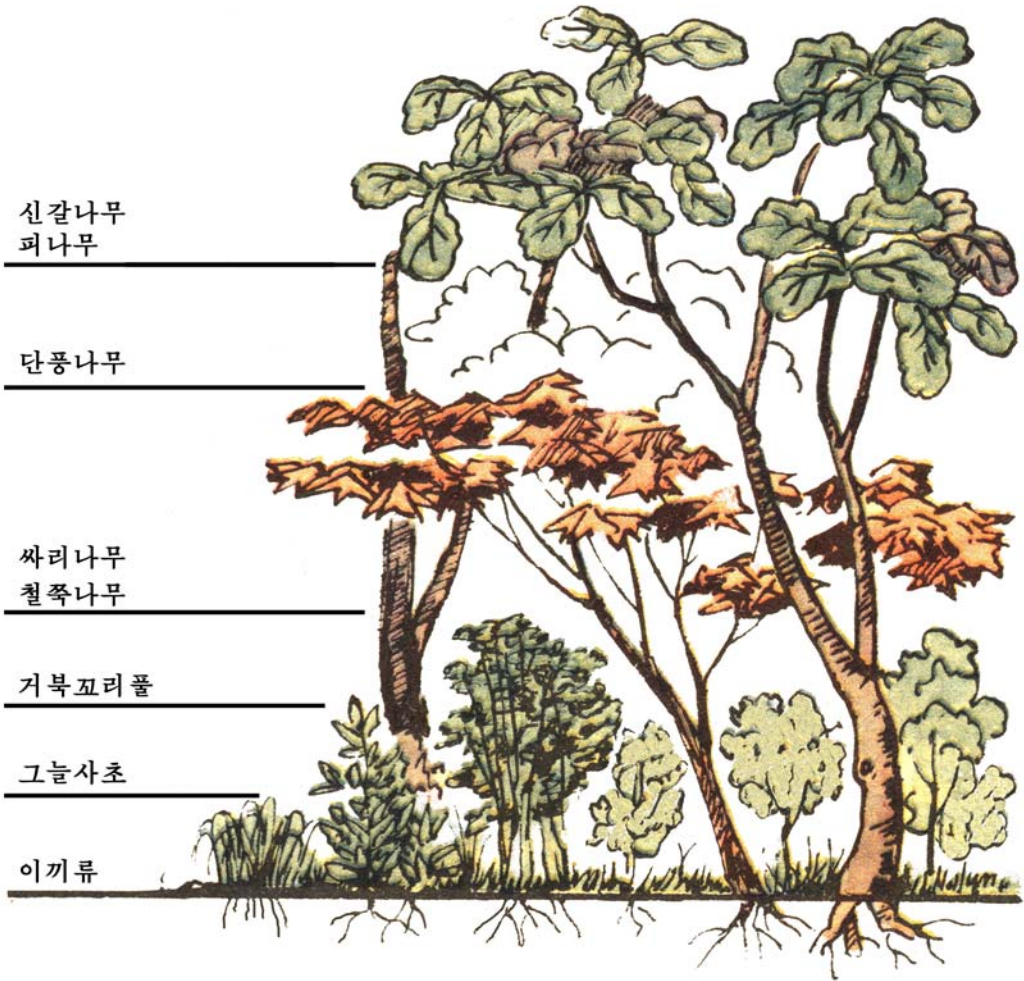



그림 3-7. 참나무숲에 이루어진 식물층

생각하기

○ 식물무리모임에서 왜 층계성이 나타나겠는가?
○ 식물무리모임에서 제일 웃층에는 어떤 특징을 가진 식물이 살겠는가?
○ 식물무리모임에서 제일 아래층에는 어떤 특징을 가진 식물이 살겠는가?
○ 식물무리모임의 웃층으로부터 아래층으로 가면서 빛요인, 공기요인(이산화탄소), 온도요인이 어떻게 다르겠는가?

동물무리모임에서도 층계성이 나타난다. 키나무층에서는 꾀꼬리, 딱따구리, 청서 등이 살고 떨기나무층에서는 휘파람새, 메새들이 살며 땅면우에서는 여러가지 젖먹이류, 뱀 등이 살고 땅속에서도 두더지, 들쥐, 지렁이 등이 산다.

생물무리모임을 이루는 생물종들사이에는 여러가지 관계들이 맺어진다.

먹고먹히우는 관계

풀을 먹는 토끼는 족제비한테 먹히우고 족제비는 승냥이한테 먹히우며 승냥이는 그보다 더 센 범한테 먹히운다.

이처럼 잡아먹는 생물과 먹히우는 생물은 서로 련관되여있는데 그것들을 차례로 련결해놓으면 사슬처럼 된다. 이것을 **먹이사슬**이라고 부른다.

일반적으로 한 종의 생물이 여러종의 생물을 먹고 산다. 실례를 들어 살모사는 들쥐뿐아니라 개구리와 메새도 잡아먹는다. 한편 한 종의 생물은 다른 한 종의 생물에만 먹히우는것이 아니라 여러종의 생물에게 먹히운다. 례를 들어 개구리는 뱀, 족제비, 가물치에게 먹히운다.

이처럼 먹고먹히우는 관계는 복잡하게 형성되는데 이것이 그물모양으로 엉켜있다고 하여 **먹이그물**이라고 부른다.

자연계에서는 먹이사슬이 보통 4～6개 고리로 이루어진다.

먹이사슬의 맨 첫 위치에는 생산생물인 식물이 놓인다.

소비생물가운데서 직접 식물을 먹고 사는 생물을 **1차소비생물**이라고 부르며 1차소비생물을 먹고 사는 생물을 **2차소비생물**, 2차소비생물을 먹고 사는 생물을 **3차소비생물**이라고 부른다.

생각하기

○ 자연계에서 먹이사슬이 끊임없이 길어지지 않는 원인은 무엇인가?
○ 먹이사슬의 맨 첫단계에 생산생물인 식물이 놓이는 원인은 무엇인가?
○ 꼭 한 종의 생물만을 먹고 사는 생물은 없겠는가?

개체수피라미드

그림 3-8. 개체수피라미드

○ 먹이사슬의 단계가 몇단계로 되여있는가?

○ 먹히우는 생물의 개체수에 비하여 먹는 생물의 개체수가 어떻게 달라지며 그 원인은 무엇인가?

○ 먹히우는 생물의 생물량에 비하여 먹는 생물의 생물량이 어떻게 달라지며 그 원인은 무엇인가?

기생관계

생물들가운데는 다른 생물의 몸에서 영양물질을 빨아먹으면서 사는것들이 있다.

모기의 암컷은 동물이나 사람의 몸에서 피를 빨아먹고 살며 수컷은 식물의 즙액을 빨아먹고 산다. 이처럼 한 생물이 살아있는 다른 생물의 몸에서 영양물질을 빨아먹고 사는것을 **기생**이라고 부른다.

여기서 영양물질을 빨리우는 생물은 **숙주**이고 영양물질을 빨아먹고 사는 생물은 **기생생물**이다.

일반적으로 기생생물의 몸은 퇴화되여 단순하다. 크기도 숙주에 비해 작으며 소화기관이 퇴화되였으므로 숙주의 몸에서 상당히 가공된 영양물질을 빨아먹고 산다.

기생생물은 생식기관이 발달되여 후대를 많이 남긴다.

례를 들어 요충의 암컷 한마리는 하루밤사이에 1만개정도의 알을 낳는다.

생각하기

사람몸에 기생하는 기생생물에는 어떤것들이 있으며 그것들은 어떻게 영양물질을 섭취하는가?

공생관계

바다가에 가면 바위꽃을 등에 지고 다니는 게골뱅이들을 볼수 있다. 게골뱅이는 바위꽃의 보호를 받고 바위꽃은 게골뱅이의 도움으로 이동한다.

한편 고래의 몸에는 따깨비가 붙어서 사는데 이 조개는 고래의 도움으로 이동하지만 고래는 따깨비로부터 아무런 리익이나 피해도 받지 않는다.

이와 같이 서로 다른 종의 생물들이 서로 리익을 주거나 한 생물은 리익을 얻는데 다른 생물은 아무런 리익이나 피해를 받지 않으면서 함께 사는것을 **공생(함께살이)**이라고 부른다.

게골뱅이와 바위꽃, 콩과 콩뿌리혹균은 서로 리익을 얻으면서 살아간다.

함께 사는 두 생물이 서로 리익을 얻는 공생을 **공리공생**, 두 생물종에서 한 생물은 리익을 얻지만 다른 생물은 아무런 리익이나 피해도 받지 않는 공생을 **편리공생**이라고 부른다.

생각하기

콩과 콩뿌리혹균, 게골뱅이와 바위꽃, 고래와 따깨비사이의 관계에서 같은 점과 다른 점은 무엇인가?

이와 같이 생물무리모임안에서 생물들사이의 관계는 복잡하다.

그러므로 리로운 동식물을 보호증식시키고 해로운 동식물을 없애자면 생물무리모임안에서 생물들사이의 관계를 잘 알고 그것을 옳게 리용하여야 한다.

문 제

1. 농작물재배와 집짐승기르기에서 제한작용을 없애자면 어떻게 해야 하는가?
2. 세력권의 형성이 생물의 분포에 어떤 영향을 주는가?
3. 세력권의 형성과 생존경쟁사이에는 어떤 관계가 있는가?
4. 학교가 있는 곳의 산과 들에서 사는 생물들에서 먹이사슬을 3가지이상 찾고 도식으로 그리여라.
5. 개구리를 보호증식시키자면 어떻게 하여야 하는가?

참 고

꿀벌무리에서의 협동관계

꿀벌의 무리생활에는 일정한 《질서》가 세워져있으며 개체들이 하는 일도 정해져있다. 이것은 꿀벌개체들사이에 주고받는 일정한 정보전달과정으로 실현된다. 꿀벌은 먹이(꽃꿀)가 있는 곳을 발견하면 꿀벌집에 돌아와 동료개체들에게 먹이가 있는 곳을 배부분을 흔드는 춤동작으로 알린다. 먹이가 가까이에 있을 때에는 회전춤을 추는데 처음에는 왼쪽으로 돌고 다음에는 반회전하여 오른쪽으로 돈다. 이 춤은 30초이상 계속된다. 먹이가 먼곳에 있을 때에는 8자형춤(배부분을 흔들면서 추는 엉뎅이춤)을 춘다. 즉 어떤 방향으로 곧추 나갔다가 다음은 시계바늘이 도는 방향으로 원을 그리면서 돌고는 본래의 직선을 앞에서와 같이 엉뎅이춤을 추면서 지나서는 시계바늘이 도는 반대방향으로 도는것을 반복한다. 먹이가 있는 거리는 춤속도로, 그 방향은 8자형춤직선의 방향으로 알린다.

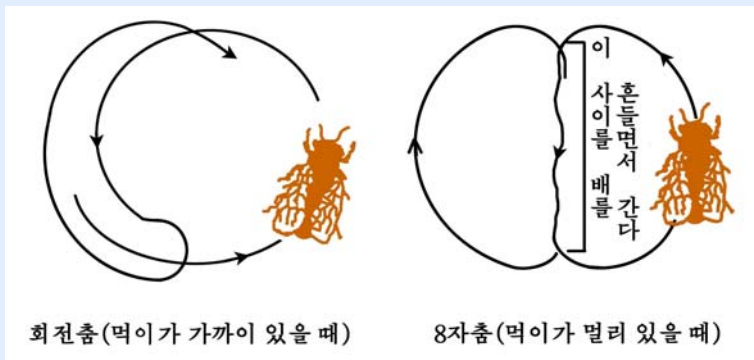



그림 3-9. 꿀벌의 정보교환춤

제 3 절. 생태계에서의 물질순환과 에네르기흐름

· 생태계에서 탄소, 질소, 린은 어떻게 순환하는가?
· 생태계에서 에네르기는 어떻게 흐르는가?

생물권안에서 생물과 환경은 물질순환과 에네르기흐름을 통하여 서로 련관되여 하나의 체계를 이룬다. 이것을 **생태계**라고 부른다. 생태계는 생물요소와 무생물요소로 이루어진다. 생물요소는 다시 생산생물(식물), 소비생물(동물), 분해생물(미생물)로 나눈다.

1. 물질순환

생물의 몸을 구성하는 모든 물질들은 생물권안에서 무기환경으로부터 생물에로, 생물로부터 무기환경에로 순환한다.

탄소의 순환

식물은 빛합성으로 대기중의 CO_2상태의 탄소를 포도당을 비롯한 유기물질의 탄소로 자기 몸에 고정한다. 이 고정된 탄소는 소비생물을 거친 다음 분해생물로 넘어가는데 여기서 다시 CO_2상태로 되여 대기속으로 나온다.

동식물의 숨쉬기에 의해서도 유기물질의 탄소가 CO_2형태로 되여 대기속으로 나온다.

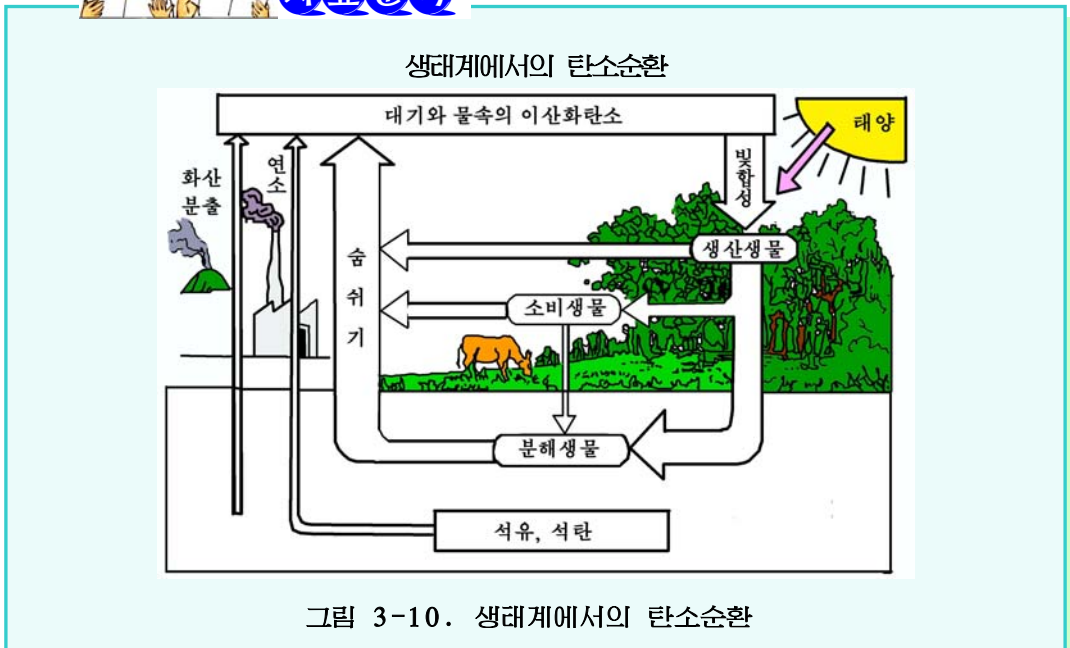



그림 3-10. 생태계에서의 탄소순환

○ 생물의 몸에서 탄소는 어떤 형태로 존재하는가?
○ 대기와 물속의 CO_2은 어떤 경로로 생겨나는가?
○ 대기속의 CO_2농도가 0.03％로 유지되는것은 무엇때문인가?
○ 탄소순환에서 제일 중요한 역할을 하는것은 어떤 생물인가?

질소순환

질소고정생물밖의 생물들은 분자상태의 질소를 직접 리용하지 못한다. 때문에 대기속에 질소가 78％ 들어있다하여도 사람들은 농작물에 질소비료를 주고있다.

식물이 엽록소, 단백질, 핵산과 같은 생체물질을 만드는데 필요한 질소원은 토양속의 암모니움염(NH_4^+)과 질산염(NO_3^-)이며 식물이 만든 유기질소화합물은 먹이사슬을 따라 순환한다.

공장에서는 전기로 공기중의 질소를 분리하여 비료를 만든다.

콩과식물의 뿌리에 있는 뿌리혹균을 비롯한 질소고정균은 공기중의 질소 N_2을 NH_3상태로 고정하는데 이것은 다시 아질산세균에 의해 NO_2^-로 되고 NO_2^-는 질산세균에 의하여 NO_3^-로 전환되기도 한다.

$$NH_3 + O_2 \longrightarrow HNO_2 + H_2O$$
$$HNO_2 + O_2 \longrightarrow HNO_3$$

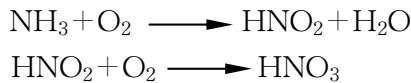
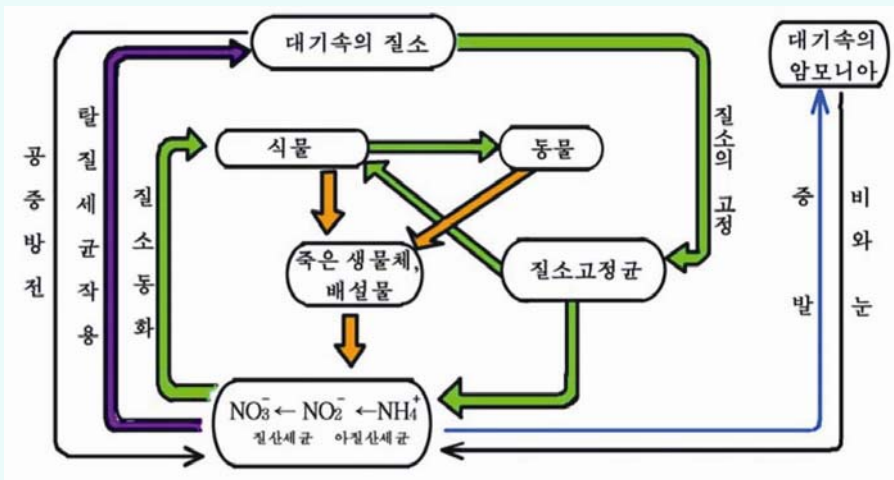



그림 3-11. 생태계에서의 질소순환

○ 대기속의 질소는 어떻게 생겨나는가?
○ 대기속의 암모니아는 어떻게 생겨나는가?
○ 토양속의 질산염과 암모니움염은 어떻게 생겨나는가?
○ 질소순환에서 제일 중요한 역할을 하는 생물은 어느것인가?

생각하기

농업생산실천에서 질소순환이 잘되도록 하기 위하여 어떤 세균비료를 주는가?

린의 순환

린은 핵산, 린기름질, ATP, NADP 등의 중요성분으로 된다.

토양속의 린산의 원천은 풍화된 바위이다. 린산은 토양속의 물에 풀려 식물에 흡수될수 있는 $Ca(H_2PO_4)_2$ 과 물에 풀리지 않는 $Ca_3(PO_4)_2$ 그리고 죽은 생물체나 배설물속의 PO_4^{3-} 형태로 존재한다.

자료분석

생태계에서의 린순환

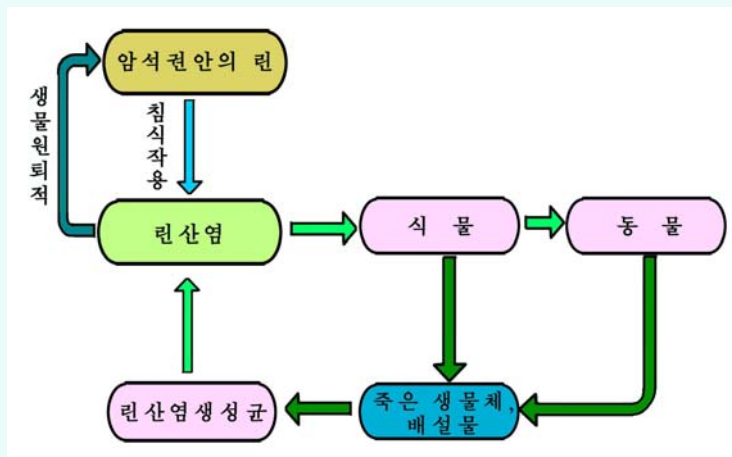



그림 3-12. 생태계에서의 린순환

○ 암석권안의 린이 빨리 녹아나오자면 어떤 자연요인이 작용해야 하는가?
○ 생태계에서 린산염은 어떤 경로로 생겨나는가?

농업실천에서 린세균비료를 주는것은 무엇때문인가?

기타 무기원소의 순환

생물이 정상적으로 살아나가자면 유기물질뿐아니라 칼리움, 규소, 나트리움, 칼시움, 마그네시움, 철, 망간, 아연 등 여러가지 광물질을 받아들여야 한다. 식물은 필요한 무기물질을 땅속에서 뿌리로 빨아들이고 동물은 먹이와 함께 받아들인다.

생태계안에서 무기물질이 빨리 순환하자면 생산생물과 분해생물의 활동이 활발해야 한다.

2. 에네르기흐름

생물이 살아가자면 몸을 구성하는 물질과 함께 에네르기도 필요하다.

생태계에서는 물질과 함께 그에 포함된 에네르기도 이동한다. 생물의 생활에 필요한 에네르기원천은 태양에네르기이다. 지구에 와닿는 태양에네르기의 1~2%가 빛합성에 리용된다.

생물이 받아들인 에네르기의 일부는 자체의 생활에 쓰이거나 열로 방출되며 나머지가 먹이사슬의 다음단계에 넘어간다. 소비생물은 먹이사슬의 다음단계로 자기가 받은 에네르기의 10%정도만 넘긴다.

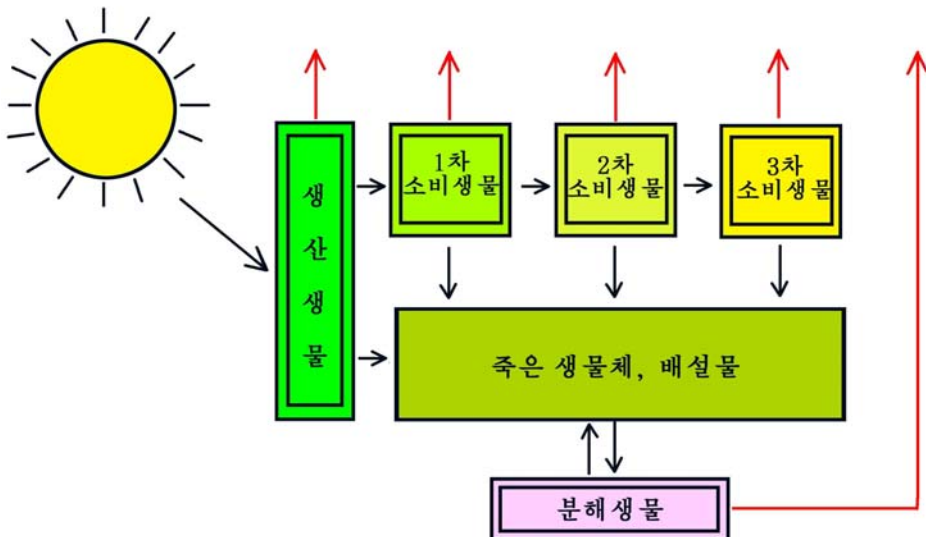



그림 3-13. 생태계에서의 에네르기흐름

생각하기

○ 소비생물은 왜 받은 에네르기의 10%정도만을 먹이사슬의 다음단계로 넘기는가?

○ 생물의 생활에 필요한 에네르기원천이 꼭 태양에네르기뿐인가?

문 제

1. 생태계에서의 탄소순환은 어떻게 진행되는가?
2. 생태계에서의 질소순환은 어떻게 진행되는가?
3. 생태계에서의 린순환은 어떻게 진행되는가?
4. 생태계에서의 에네르기흐름은 어떻게 진행되는가?

제 4 절. 생태계의 특성과 리용

· 산림생태계의 특성과 리용방도는 무엇인가?
· 바다생태계의 특성과 리용방도는 무엇인가?
· 호수생태계의 특성과 리용방도는 무엇인가?

생태계에는 산림생태계, 바다생태계, 호수 및 강하천생태계, 논밭생태계가 속한다.

생태계를 리용한다는것은 생태계를 그대로 보존하면서 그안의 생물자원을 더 많이 불구어 계속 써먹는다는것이다.

우리는 생태계를 과학적으로 개조리용하여 우리 나라의 자연환경을 더욱 좋게 하고 생물자원을 계속 늘여나가야 한다.

1. 산림생태계의 특성과 리용

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《산림을 조성하고 보호하기 위한 사업과 함께 산림자원을 종합적으로 리용하기 위한 대책을 세워야 하겠습니다.》

산림은 나무와 풀, 여러가지 동물과 미생물 그리고 무기환경요소들이 밀접하게 련관되여있는 생태계인데 여기서 기본은 식물무리 특히 키나무이다.

산림에서 식물무리가 층을 이루고있기때문에 동물과 미생물도 층을 이루면서 산다.

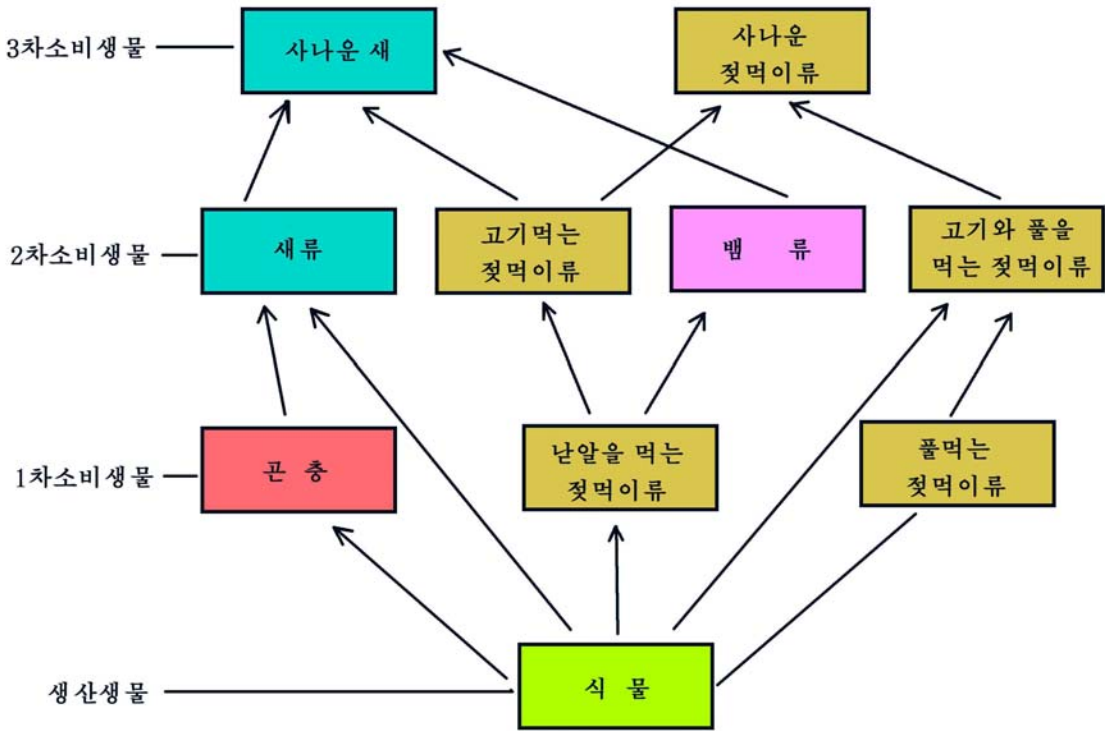



그림 3-14. 산림생태계의 먹이사슬

산림생태계에서는 물질순환속도가 매우 느리다.

산림에서는 온도변화가 적어지는 등 일정한 미기후가 조성된다.

산림개조에서 중요한것은 쓸모가 적은 나무들을 점차 솎아버리고 해당 지역의 기후와 토양조건에 맞으며 경제적으로 쓸모있고 수종이 좋은 나무들을 심는것이다.

새로 나무를 심을 때에는 넓은잎나무와 바늘잎나무를 섞어 섞임숲을 만드는것이 좋다.

산림생태계를 옳게 리용하자면 산림을 잘 보호하는 한편 나무베기와 나무심기를 전망계획에 따라 균형적으로 하며 특히 나무를 망탕 베여내는 현상을 없애야 한다.

경제림을 잘 꾸리고 산림생태계를 공간적으로 잘 리용하여 목재뿐아니라 기름, 섬유, 종이, 식료품원료, 약초, 먹이풀, 향료 등을 더 많이 얻어내야 한다.

생각하기

○ 산림생태계에서 물질순환속도가 뜬 원인은 무엇인가?
○ 섞임숲을 조성하면 왜 좋을가?

2. 바다생태계의 특성과 리용

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《바다는 무진장한 자원의 보물고입니다. 우리는 바다의 광물자원, 동식물자원, 동력자원을 개발하여 인민경제발전에 효과적으로 리용하기 위한 사업을 전망성있게 밀고나가야 하겠습니다.》

바다생태계는 구성요소들이 모두 바다물속에 있으므로 땅우생태계와는 다른 특성을 가진다. 바다물에서는 땅우에서보다 온도변화가 적고 뜰힘이 작용하여 생물의 운동에 편리하다. 빛, 압력과 같은 환경요인은 물깊이에 따라 다르게 작용하는데 깊어질수록 어두워지며 압력은 10m 깊어질수록 0.1MPa이나 높아진다.

바다물에는 소금을 비롯한 여러가지 염들이 들어있으며 물이 깊어질수록 산소농도가 희박해진다.

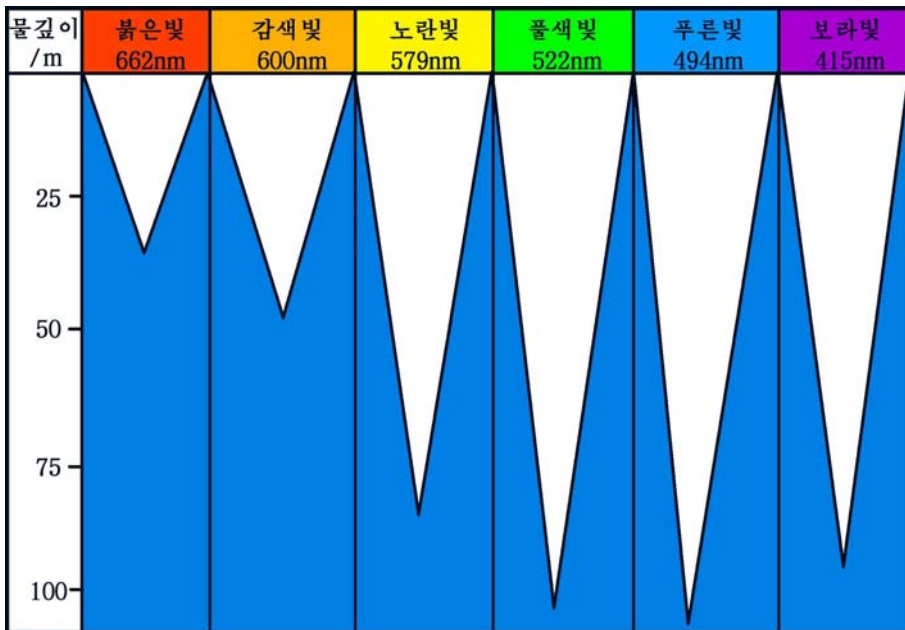



그림 3-15. 물깊이에 따르는 빛의 변화

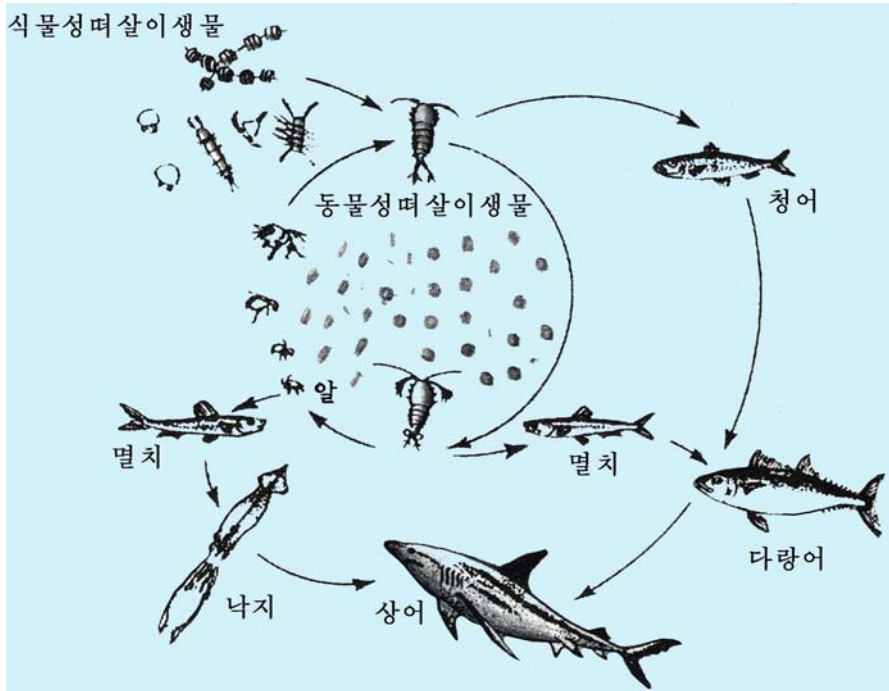



그림 3-16. 바다생태계에서의 먹이사슬

먹이사슬도 땅우에서와 다르다. 생산생물은 떠살이식물과 바닥살이마름류인데 여기서 기본은 떠살이식물이다. 이것들이 만든 유기물질은 떠살이동물과 물고기류, 조개류를 거쳐 다시 더 큰 물고기류와 바다젖먹이류에게로 옮겨진다.

바다생태계를 리용하는데서 중요한것은 먹이사슬평형을 유지하면서 보다 많은 물고기를 잡아내는것이다. 또한 자연적인 바다생물자원을 합리적으로 리용하면서 미역, 다시마, 김, 조개류, 해삼류 등을 인공적으로 많이 길러 생산물을 늘이는것이다.

생각하기

○ 바다물속 200m이상 깊은데서 생산생물이 살지 못하는 원인은 무엇인가?

○ 바다생태계의 먹이사슬평형을 유지하자면 물고기잡이에서 어떤 점을 주의해야 하는가?

3. 호수생태계의 특성과 리용

호수생태계에는 늪과 저수지 등이 속한다.

호수생태계의 무기환경은 바다생태계와 다르다. 호수에서는 물량과 물온도, 물속산소량이 년중 심하게 변한다.

호수에서도 바다에서처럼 깊어짐에 따라 생물이 점점 적어지는데 보통 2～3m 이상의 깊은 곳에서는 식물이 자라지 못한다.

주요한 생산생물은 떠살이식물과 마름을 비롯한 물살이생물이다.

1차소비생물에는 떠살이동물, 실지렁이 등이 속하며 2차소비생물에는 잉어, 붕어, 행베리 등 여러가지 물고기 그리고 마합, 강조개 등 조개류가 속한다.

3차소비생물로는 메기, 가물치, 쏘가리 같은것을 들수 있다.

호수에서 생산된 유기물질은 새나 젖먹이류에 의해 밖으로 나갈수도 있고 물밑바닥에 가라앉아 땅속으로 들어가는것도 있다.

위대한 령도자 **김정일**원수님의 현명한 령도에 의하여 우리 나라의 곳곳에는 현대적인 메기공장들과 함께 양어장들이 훌륭하게 꾸려지고있으며 양어사업이 빨리 발전하고있다.

호수생태계의 생산성을 높이는데서 중요한것은 민물고기생산을 늘이는것이다.

그러자면 메기와 같이 빨리 자라고 고기맛이 좋은 물고기를 대대적으로 길러야 하며 각이한 물깊이에서 사는 민물고기들을 합리적으로 섞어 립체적으로 길러야 한다.

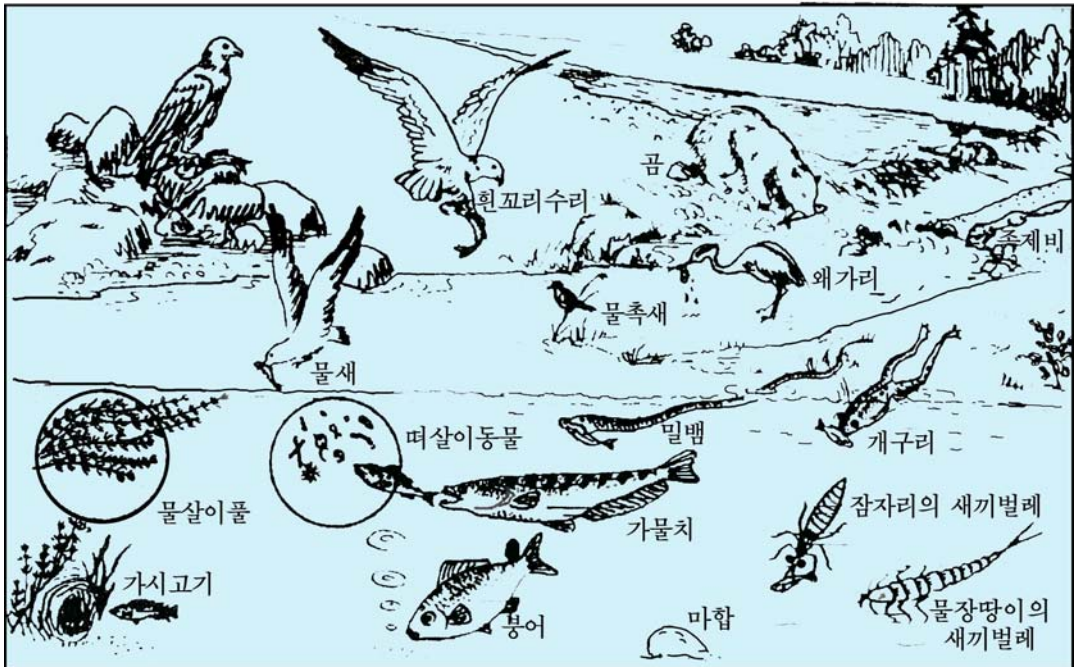



그림 3-17. 호수생태계에서의 먹이사슬

생각하기

○ 바다에서와 달리 호수에서 물온도와 산소량이 계속 달라지는 원인은 무엇인가?

○ 우리 나라의 평지대호수에서와 산간지대호수에서 사는 물고기들에는 각각 어떤것들이 있는가?

문 제

1. 산림생태계를 공간적으로 잘 리용한다는것은 무엇을 의미하는가?
2. 물깊이에 따라 바다생물의 분포가 달라지는 원인은 무엇인가?
3. 바다생태계에서의 먹이사슬을 설명하여라.
4. 호수생태계에서의 먹이사슬을 설명하여라.

참 고

우리 나라 산림생태계에서 얻을수 있는 주요식물자원

구분	주 요 식 물
기름원료	호두나무, 쪽가래나무, 가래나무, 잣나무, 왜싸리, 수유나무, 왕초피나무, 생강나무, 동백나무, 가중나무, 초피나무, 분지나무
산과일	돌배나무, 들쭉나무, 머루, 다래나무, 산딸기나무, 왕다래나무, 참나무류
약초	산삼, 만삼, 단너삼, 대황, 당귀, 오미자, 오갈피나무, 천궁, 독활, 삼지구엽초, 삽주, 산죽, 우웡
섬유원료	닥나무, 삼송류, 뽀뿌라나무, 수삼나무, 황철나무
먹이풀	칡, 아들매기, 말굴레풀, 억새, 달맞이꽃
산나물	고사리, 참나물, 고비, 두릅나무, 참취, 마타리, 도라지, 더덕, 원추리, 무수해, 곰취, 청취, 병풍
버섯	송이버섯, 참나무버섯, 느타리버섯, 싸리버섯
향료	넓은잎정향나무, 백리향, 백산차
물감	갈매나무, 황경피나무, 시닥나무, 오리나무, 옻나무, 붉나무
송진	소나무, 잣나무, 가문비나무
탄닌	붉나무, 떡갈나무, 신갈나무
코르크	황경피나무, 굴참나무

제 5 절. 생태환경과 생물다양성보호

・생태환경은 어떻게 오염되며 그것을 막자면 어떻게 해야 하는가?
・생물다양성을 보호하자면 어떻게 해야 하는가?

세계인구가 급격히 늘어나고 사람들의 생산활동범위가 넓어짐에 따라 사람이 생태환경과 생물다양성에 주는 영향은 매우 크다.

생태환경과 생물다양성의 보호는 한두사람의 힘으로는 해결되지 않으며 따라서 모든 사람들이 이 사업에 적극 참가하여야 한다. 세계적범위에서도 생태환경과 생물다양성을 보호하기 위한 대책을 세워야 한다.

1. 생태환경보호

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《주요도시들과 산업지구들에서 공기와 물을 오염시키는 물질을 없애며 미광과 오염된 물을 처리하기 위한 과학기술적인 대책을 바로세워야 하겠습니다.》

사람은 생활과정과 생산활동에서 여러가지 배설물과 연기, 먼지, 유해가스, 버림물을 내보낸다. 동물도 여러가지 찌끼와 배설물을 남긴다.

이러한 유해물질이 계속 축적되면 자연환경이 오염된다. 그러나 오염물질은 계속 쌓이는것이 아니라 자연환경속에서 순환하면서 없어지거나 농도가 낮아짐으로써 자연환경은 저절로 깨끗해진다. 이런 현상을 자연의 **자체정화**라고 부른다. 그러나 일부 오염물질들은 먹이사슬을 따라 이동하면서 배설되거나 분해되지 않고 생물의 몸안에 축적되는데 이런 현상을 **생물농축**이라고 부른다. 실례로 조개, 굴은 동을, 해파리는 아연, 석, 연을, 다시마는 요드를 축적한다. 이런 생물이 먹이사슬의 다음단계생물에게 먹히우면 잡아먹은 생물의 몸안에서 그 오염물질의 농도는 보통 10～100배 지어 수천배까지 높아진다. 먹이사슬의 가장 높은 단계에 있는 사람에서는 그 농도가 환경농도의 수만배되여 중독을 일으키게 된다.

자연의 자체정화에는 한계가 있다. 자체정화되지 않은 오염물질들은 시간이 지남에 따라 많아지며 종당에는 허용한계를 벗어나 환경오염을 일으킨다.

환경오염이 심해져 사람과 다른 생물의 생존과 생활에 엄중한 후과가 생기는것을 **공해**라고 부른다.

대기오염과 보호

대기오염은 화산폭발과 같은 자연적인 요인에 의해서 일어나기도 하지만 인구가

늘어나고 공업이 발전함에 따라 거기에서 나오는 유해가스, 먼지 등에 의해 일어나는것이 더 큰 몫을 차지한다. 자료에 의하면 공업이 덜 발전했던 1950년의 대기중 CO_2농도는 316.6mg/L이였는데 1990년의 대기중 CO_2농도는 354.1mg/L로 증가되였다. 때문에 지구온난화가 촉진되고 황사현상과 같은 이상기후현상이 최근에 계속 나타나고있다.

대기속의 오염물질은 숨쉬기기관과 피부, 식료품을 통하여 사람몸에 들어가 건강에 피해를 주며 동식물의 생활에도 지장을 주고 공업제품과 건축물에도 손상을 준다.

대기환경을 오염으로부터 보호하자면 우선 공업을 분산배치하여 오염물질이 희석되게 하여야 한다. 다음으로 먼지와 유해가스처리를 잘해야 한다. 특히 수종이 좋은 나무를 많이 심어 공장, 기업소, 학교와 마을을 공원화, 원림화, 수림화해야 한다. 세계적범위에서는 연소에 의한 CO_2배출량을 줄이고 사막을 수림화하여 지구온난화와 황사를 막기 위한 대책을 세워야 한다.

생각하기

○ 우리의 생활에서 대기오염을 일으킬수 있는 요소들은 어떤것이며 그것을 막자면 어떻게 해야 하는가?

○ 공원이나 산림속의 공기와 공장이 많은 지대에서의 공기는 어떤 차이가 있으며 왜 그런가?

물오염과 보호

물오염은 땅속에 묻힌 어떤 암석의 해로운 성분이 풀려나와 생기기도 하지만 기본은 공업페수, 농업퇴수, 생활오수속의 정화처리되지 않은 오염물질이 강과 바다, 호수, 지하수로 흘러들어 자체정화능력을 초과함으로써 생겨난다.

물오염을 막자면 공장, 기업소들에서 반드시 허용기준에 도달한 버림물을 내보내야 하며 이것들은 농업퇴수, 생활오수와 함께 반드시 정화처리를 거쳐야 한다. 정화처리에는 물리적, 화학적, 생물학적방법들이 적용되는데 최근에는 미생물의 분해능력에 의한 생물공학적방법이 많이 적용되고있다.

바다물오염을 막는데도 관심을 돌려야 한다. 그러자면 바다에서의 핵시험을 막으며 핵페기물을 바다에 버리지 못하게 하고 선박사고로 인한 기름류출을 없애야 한다.

생각하기

○ 오염된 물을 마시면 어떤 병에 걸리기 쉬운가?

○ 우리가 사는 주변에서 물오염을 일으킬수 있는 요소는 무엇이며 그것을 없애자면 어떻게 해야 하는가?

해보기

자연조건에서 깨끗한 물과 오염된 물을 눈으로 어떻게 가려볼수 있는가?

토양오염과 보호

오염물질이 토양에 들어가 거기서 자라는 식물체안에 축적되여 잘 자라지 못하게 하고 나아가서 사람의 건강에 해를 주는 현상을 **토양오염**이라고 부른다.

토양오염은 공업페수와 농업퇴수가 자체정화능력을 초과하여 흘러들어올 때 그리고 방사성물질이 함유된 광석이 풍화될 때도 일어난다. 토양속에 수은, 연, 카드미움, 비소, 아연, 크롬, 셀렌과 같은 중금속염이 들어오면 생물농축을 일으킨다.

토양오염을 막자면 우선 공업페수를 적극 회수처리하며 농업부문에서는 오수에 의한 관개를 없애고 화학농약대신 생물농약을 쓰는 방향으로 나가야 한다. 특히 토양의 자체정화능력을 높여주어야 한다. 그러자면 유기질비료를 많이 내고 모래땅에 점토를 흙갈이하여 토양콜로이드의 종류와 량을 늘여 독성물질을 흡착시키며 소석회를 쳐서 중금속물질을 수산화물형태로 침전시켜 식물에 흡수되는 량을 줄여야 한다.

생각하기

○ 대기와 물, 토양오염물질가운데서 제일 유해로운 물질은 무엇인가?

○ 황사는 사람의 몸에 어떤 영향을 주며 그것을 막자면 어떻게 해야 하는가?

2. 생물다양성보호

조국산천을 더욱 아름답게 하고 풍만한 생물자원을 후대들에게 물려주자면 생물자원의 다양성과 풍부성을 계속 보존하고 리용해나가야 한다.

생물다양성이란 일정한 지역 또는 지구우에 있는 모든 식물, 동물, 미생물의 총체이다.

생물다양성에는 종안, 종사이, 생태계의 다양성이 있다. 다시말하여 종안에서 유전자변이형의 다양성, 종의 수와 빈도, 생태계종류의 다양성이 속한다.

생물다양성은 대체로 생물들사이, 생물과 자연환경사이의 복잡한 관계를 보여준다.

생물다양성은 사람들에게 식료품과 의약품 및 공업원료를 보장할뿐아니라 아름다운 자연풍경과 맑고 신선한 공기를 마련하여주며 큰물피해를 비롯한 자연재해와 공해를 막아주는 역할을 한다.

40억년의 오랜 력사에 걸쳐 분화되고 유지되여온 생물종은 한번 잃어버리면 그것이 가지고있던 유전자원을 다시 재생할수 없게 된다. 생물다양성이 계속 보존되여야 사람의 생존과 생활에 리롭게 된다. 사람들이 야생종을 길들여온 력사는 어떤 생물이든지 그것은 꼭 필요한것이며 사람들에게 도움을 준다는것을 보여준다.

실례로 곱등어의 피부구조를 모방하여 잠수함과 비행기에 부드러운 고무피복을 씌운것 등의 생물모방공학을 들수 있다.

산좋고 물맑은 삼천리금수강산인 우리 나라에는 생물종이 다양할뿐아니라 특산종과 경제식물이 많고 생태계가 매우 다양하다.

우리 나라는 산이 국토의 80％를 차지하고 세면이 바다로 둘러싸여있으며 강과 호수가 많다. 그리고 온대성기후와 4계절을 가지고있으며 지형적으로도 북에서 남으로 길게 뻗어있다.

이것은 생물이 다양해질수 있는 자연지리적조건으로 된다.

특히 우리 나라에서는 위대한 령도자 **김정일**원수님의 현명한 령도에 의하여 백두산자연보호구를 비롯한 여러가지 자연보호구가 훌륭히 꾸려지고 잘 관리되여 생물다양성이 잘 보호리용되고있다.

반대로 눈앞의 리윤만을 추구하는 미제를 비롯한 제국주의자들의 책동으로 하여 지구온난화가 가속화되고 지구의 사막화와 황사현상이 심해져 생물다양성이 심히 파괴되고있다. 현재 세계의 약 200만종 생물가운데서 열대지방에서만도 해마다 1천종이상이 없어지고있으며 지구우에서 2 500여종의 식물과 1 200여종의 척추동물이 완전히 사멸될 위기에 처해있다고 한다.

생물다양성을 보호하자면 식물원과 동물원을 잘 꾸리고 관리하여야 한다. 자연보호구들에서 생물자원이 빨리 늘어나도록 하며 절대로 한마리의 보호동물이라도 잡거나 식물을 꺾지 말아야 한다. 또한 생태계를 풍부하게 그리고 적극 보호하면서 과학적으로 리용하여야 한다. 특히 자원량이 적어지고있는 생물종류들을 제때에 조사장악하고 그것을 증식시키기 위한 대책을 세워야 한다. 이와 함께 생물다양성보호에 대한 교육교양과 법적통제를 강화하여 모든 사람들이 공민적자각을 가지고 이 사업에 한사람같이 떨쳐나서게 하여야 한다.

1. 공해란 무엇이며 자연재해와 어떻게 다른가?
2. 환경오염에는 어떤것들이 있으며 그 원인은 무엇인가?
3. 현시기 생물다양성을 보호하는 문제가 왜 중요하게 제기되는가?

지구온난화와 이상기후

지구온난화란 여러가지 요인에 의하여 지구를 둘러싸고있는 대기의 온도가 높아지는 현상을 말한다. 자료에 의하면 1880년-1998년까지의 100여년동안에 지구의 평균기온은 0.52℃ 올라갔다. 지구의 온난화로 하여 2030년에 가서는 지금보다 4.5℃ 더 올라갈것이라고 한다.

대기중에 포함된 CO_2은 식물의 숨쉬기, 바다물에서의 용해와 방출 등으로 순환하면서 대기중에 318mg/L로 안정되여있었다. 그런데 최근 대량적인 화석연료의 연소와 산림의 감소로 하여 CO_2농도가 늘어나 1990년에 이미 354mg/L수준을 넘어섰다.

CO_2은 태양으로부터 오는 빛은 그대로 통과시키지만 땅겉면으로부터 복사되는 적외선은 흡수하여 열이 대기밖으로 나가지 못하게 한다. 그리하여 대기온도가 계속 높아지고 기후가 변화되고있다. 기온상승으로 가물과 큰물 등 자연재해가 들이닥치고 있으며 이상고온현상이 심하게 나타나 경제활동과 사람들의 생활에 적지 않은 피해를 주고있다. 사막화를 촉진시키고 극지방의 얼음산이 녹아내리게 하여 바다물면을 높이고있다. 현재 지구의 바다물면은 매 10년마다 6cm씩 높아지고있다. 그러므로 앞으로 수십년후에는 수많은 섬나라들이 위험에 처하게 되며 많은 바다가도시들이 물에 잠기게 될것이다.

개구리밥풀무리의 증식에 미치는 환경요인의 영향

준비

개구리밥풀(야외에서 채집한것을 물에 잘 씻고 잎모양체의 크기와 색갈이 같은것들로 골라낸것), 작은 비커, 유리판, 질소비료, 류산동, 검은색종이

방법

1) 농도가 0.1g/L인 질소비료용액 2L를 준비하고 작은 비커에 나누어넣어 시험구들을 만든다.

2) 잎모양체가 3개인 동일한 개구리밥풀을 방법 1)에서 준비한 시험구들에 30개씩 넣는다.

3) 매 시험구들에 각이한 환경조건을 지어준다.

ㄱ. 빛세기의 영향을 알아보기 위하여 방법 2)에서 준비한 4개의 시험구들에 직경이 0.5, 1, 2, 4cm인 구멍이 뚫린 검은색종이를 각각 씌운다.

ㄴ. 류산동농도의 영향을 알아보기 위하여 0, 0.01, 0.1, 1, 10, 100mg/L씩 되게 방법 2)에서 준비한 6개의 시험구들에 류산동을 각각 넣는다.

ㄷ. 개체무리밀도의 영향을 알아보기 위하여 방법 2)에서 준비한 시험구들에서 잎모양체의 수를 5, 10, 50, 100개씩 되게 변화시킨 4개의 시험구를 만든다.

ㄹ. 질소비료농도의 영향을 알아보기 위하여 방법 2)에서 준비한 시험구 5개에서 비료액의 농도가 0, 0.125, 0.25, 0.5, 1.2g/L씩 되게 준비한다.

4) 매 시험구들에 명찰표를 붙이고 물이 날아나지 않도록 유리판을 비커우에 덮는다.

이와 같이 준비한 시험구들을 같은 실험실의 창문턱에 놓고 3～4일에 한번씩 시험구안의 잎모양체수를 조사한다.

분석과 토론

○ 빛세기의 차이에 따라 개구리밥풀무리의 증식이 어떻게 되는가?
○ 류산동농도의 차이에 따라 개구리밥풀무리의 증식이 어떻게 되는가?
○ 개체무리밀도의 차이에 따라 개구리밥풀무리의 증식이 어떻게 되는가?
○ 질소비료농도의 차이에 따라 개구리밥풀무리의 증식이 어떻게 되는가?

결과처리

시험구 ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ에서 배양일수에 따르는 잎모양체수변화를 그라프로 그리고 결과를 분석한다.

클론토끼

세포공학과 그의 리용

유전자공학과 그의 리용

나노생물기술과 그의 리용

생물학의 전망

제 4 장. 생물공학과 그의 리용

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《생물공학부문에서는 세포공학과 유전자공학, 미생물공학을 비롯한 현대생물학의 발전에 큰 힘을 넣으며 현대생물학의 성과를 농업과 축산업, 의학과 식료공업에 널리 받아들여 생산성이 높은 농작물과 집짐승의 새 품종을 만들어내며 질좋은 여러가지 의약품과 식료품을 많이 생산할수 있도록 하여야 합니다.》

생물공학에서는 생물체 및 그의 기능을 리용하여 새로운 품종을 만들어내고 물질과 에네르기를 다량생산하는 원리와 기술, 방법을 연구한다.

생물공학은 세포공학, 유전자공학, 미생물공학, 게놈공학 등으로 이루어져있다.

우리는 21세기 첨단과학기술의 하나인 생물공학에 대한 학습을 깊이하여 생산성이 높은 농작물과 새 품종의 집짐승을 만들어내며 질좋은 여러가지 의약품과 식료품을 많이 생산할수 있도록 하는데 적극 이바지하여야 한다.

제 1 절. 세포공학과 그의 리용

- 조직배양을 어떻게 하는가?
- 세포를 어떻게 융합하는가?
- 클론동물은 어떻게 만들며 줄기세포배양은 어떻게 하는가?

세포공학은 생체밖에서 세포융합, 핵이식 등의 방법으로 세포의 유전적특성을 변화시켜 새로운 생물체를 만들어내며 그것을 통하여 쓸모있는 물질을 다량생산하는 원리와 기술, 방법을 연구하는 생물공학의 한 분야이다.

1. 조직배양

조직 또는 세포를 생물체에서 떼여내여 일정한 영양물질과 자라기조절물질이 들어있는 배지에서 무균적으로 자래우는것을 **조직배양**이라고 부른다.

조직배양은 세포공학기술의 중요한 기초이다.

식물조직배양의 일반공정

식물조직배양은 일반적으로 배지만들기, 배양재료의 준비와 접종, 유상조직유도와 기관분화, 얻은 식물체의 순화 등의 공정으로 진행한다.

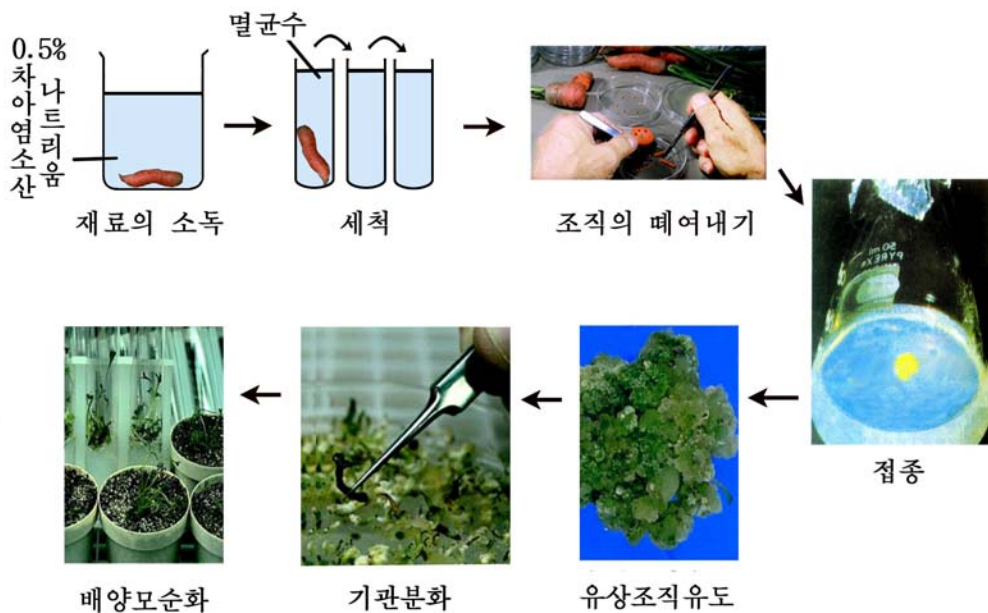



그림 4-1. 식물조직배양

배지. 식물체에서 떼여낸 조직 또는 세포를 시험관안에서 자래우는데 필요한 영양물질과 자라기조절물질이 들어있는 배양액을 **배지**라고 부른다.

배양액에 우무나 젤라틴을 넣어 굳힌것이 **고체배지**이다. 굳힘제를 넣지 않은것은 **액체배지**이다.

무기성분과 당류를 비롯한 영양성분의 조성이 일정한 배지를 **기초배지**라고 부른다.

현재 많이 쓰이고있는 배지는 MS(무라시게-스쿠그)배지이다.

이렇게 준비한 배지와 실험기구들을 고압증기멸균기로 0.1～0.12MPa에서 20～40분 멸균한다.

배양재료의 준비와 접종. 배지가 준비되면 접종재료를 준비한다.

조직배양에 쓸 접종재료는 식물체의 어린 잎, 어린 줄기, 꽃잎, 뿌리 등 임의의 부위에서 취할수 있다.

$HgCl_2$, 표백분 등으로 소독한 접종재료를 무균샤레의 려과종이우에 놓고 알맞춤한 크기로 잘라 배양병속의 배지에 접종한다.

접종재료는 잎인 경우 5㎜×5㎜, 줄기와 뿌리인 경우 길이 5～7㎜의 크기로 잘라 심는것이 좋다.

유상조직의 유도와 식물체재생. 접종이 끝난 배양재료는 배양실에서 배양한다. 보통 배양실안의 온도는 26～28℃로 보장하며 매일 10～14시간 빛을 비쳐주면서 배양한다.

재료를 접종하고 배양하면 며칠 지나 접종재료의 자름면이 부풀어나기 시작한다.

그후 자름면 또는 배지와 닿은 면에서 무정형의 수많은 세포로 된 **상처아물조직(유상조직)**이 생기기 시작한다.

유상조직이 생기는것은 분화되였던 배양재료의 세포들이 다시 분렬능력을 회복하여 분렬하기때문이다.

이와 같이 일단 조직, 기관으로 분화되였던 세포들이 다시 분렬을 진행하여 분화된 특징을 잃고 분화되지 않았던 처음상태로 되돌아가는 현상을 **거꿀분화(탈분화)**라고 부른다.

결국 유상조직은 거꿀분화된 세포들의 분렬에 의하여 생긴다.

유상조직은 자라기 시작하여 일정한 기일이 지나면 접종재료의 겉면을 완전히 뒤덮는다.

유상조직을 계속 유지하고 자래우려면 신선한 배지에 옮겨심어야 한다. 이것을 **유상조직의 계대**라고 부른다.

그림 4-2. 식물조직배양으로 얻은 유상조직

식물체를 재생시키기 위하여 유상조직을 분화배지에 옮기면 일정한 기간이 지나 싹 또는 뿌리가 분화되면서 어린 식물체로 자란다.

조직배양물로부터 식물체가 분화되는 방식에는 대체로 2가지가 있다. 그 하나는 배양하는 조직 또는 세포로부터 직접 싹과 뿌리원기 또는 배모양구조물(배상체)이 분화되고 그로부터 식물체가 생기는 방식이다.

다른 하나는 유상조직이 형성된 다음 그로부터 싹과 뿌리원기 또는 배상체가 분화되고 식물체가 생기는 방식이다.

배양하여 얻은 식물체는 일정한 기간 실험실 또는 온실조건에서 단련시킨 다음 야외포전에 심는다.

이와 같이 식물조직배양은 세포의 전능성과 탈분화 및 분화의 원리를 리용하는 무균배양기술과 방법의 체계이다.

※ 전능성은 생물체를 이루는 매개 세포가 옹근 개체를 만들수 있는 능력을 말한다. 전능성이란 말은 1902년 도이췰란드의 식물학자 하벨란트에 의해 처음 제기되였으며 1958년 스테와드 등에 의하여 증명되였다.

생각하기

- 조직배양대상으로 어떤 식물을 정하는것이 좋은가?
- 조직배양하여 얻은 식물체를 인차 포전에 옮겨심으면 어떻게 되겠는가?

식물조직배양에서 사탕의 영향

식물조직배양에서는 보통 배지에 무기물질, 비타민, 아미노산인 글리신과 함께 2~3% 농도로 사탕을 넣어준다. 꽃가루배양에서는 더 높은 농도로 넣기도 한다.

식물조직의 눈을 배양하기 위하여 3가지 종류의 배지를 만들었다. 즉 1, 2, 3 배지에는 각각 사탕을 1%, 3%, 5%의 농도로 넣어주었다. 여기에 식물조직의 눈을 접종하였다.

○ 조직배양물이 살아가는데서 사탕은 어떤 역할을 하는가?

○ 사탕의 농도를 얼마로 보장한 배지에서 눈이 잘 자라며 왜 그런가?

동물조직배양

동물조직배양은 식물조직배양보다 더 오래전부터 진행되였다.

배지. 동물조직배양배지에는 기초배지와 합성배지가 있다.

기초배지는 세포의 생활에 반드시 필요한 무기염을 조직액의 농도와 같게 배합하여 pH변화가 적게 만든 생리적완충액이다.

기초배지는 0.75% 소금용액에 $CaCl_2$, KCl, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, NaH_2PO_4, $NaHCO_3$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 등을 일정하게 넣어 만든다.

동물조직배양이 발전하면서 199배지(합성배지)를 많이 쓴다. 이 배지는 기초배지에 동물세포와 조직의 증식에 필요한 아미노산들인 시스테인, 아르기닌, 트립토판, 글루타민산, 리진과 비타민, 피물 등을 첨가하여 만든다. 지금은 세포, 조직의 종류와 특성에 맞게 배양과 증식을 위한 여러가지 종류의 합성배지들이 만들어져 리용되고있다.

조직배양은 목적에 따라 기관원기배양과 성숙한 개체에 대한 기관배양으로 구분한다.

기관원기배양에서는 미분화상태의 다리, 뼈, 눈 등 기관원기를 취하여 기관을 분화시키고 형태를 형성시킨다.

기관배양에서는 완전한 기관이나 조직을 떼내여 배양하면서 영양요구성, 물질대사, 병리학적연구 등을 진행한다.

배양방법. 시계접시배양과 특수한 종이를 리용하는 방법 등이 있다.

시계접시배양은 배체의 기관원기를 응고피진이 들어있는 샤레에서 진행한다.

피진은 기관원기를 지지해주는 역할과 영양물질의 공급원천으로 된다.

다 자란 흰쥐에서 떼낸 뇌하수체를 배지(피진과 닭의 배체추출액을 3:1정도로 섞고 높은 농도의 포도당을 넣어준 배지)에서 배양하면 자기의 조직구조를 보존하면서 증식된다.

병든 장기를 대신할수 있는 장기배양도 할수 있다.

생각하기

○ 동물조직배양배지에는 식물조직배양배지와 달리 여러 종류의 아미노산들을 넣어주는데 왜 그런가?

○ 동물조직배양배지에 피물을 넣어주는것은 무엇때문인가?

2. 세포융합

세포융합은 서로 다른 세포들이 합쳐져 하나의 세포를 이루는 현상이다.

세포융합은 스스로 일어나기도 하나(자연융합) 인공적으로 일으키기도 한다.(유도융합)

유도융합에 의하여 얻어진 세포융합만이 새 품종만들기에서 의의를 가진다.

식물원형질체융합

세포잡종을 얻자면 두종의 원형질체(세포벽을 제거한 산 원형질덩어리)를 융합시켜야 한다. 세포융합은 세포공학의 주요기술의 하나이다.

원형질체유도융합방법에는 여러가지가 있다.

질산나트리움법. 높은 농도의 $NaNO_3$용액으로 원형질체를 처리하여 연이 먼 식물들사이에 융합을 일으키는 방법이다.

질산나트리움법은 융합률이 낮고 어린 조직세포들사이에서만 융합이 일어나는 부족점이 있다.

전기세포융합기에 의한 융합방법. 원형질체들은 막전위가 음전하를 띠므로 서로 반발하면서 개별적으로 있게 된다.

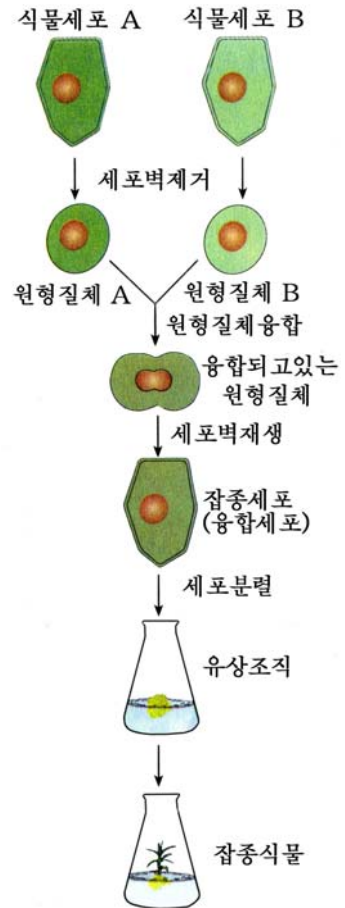



그림 4-3. 식물세포융합공정

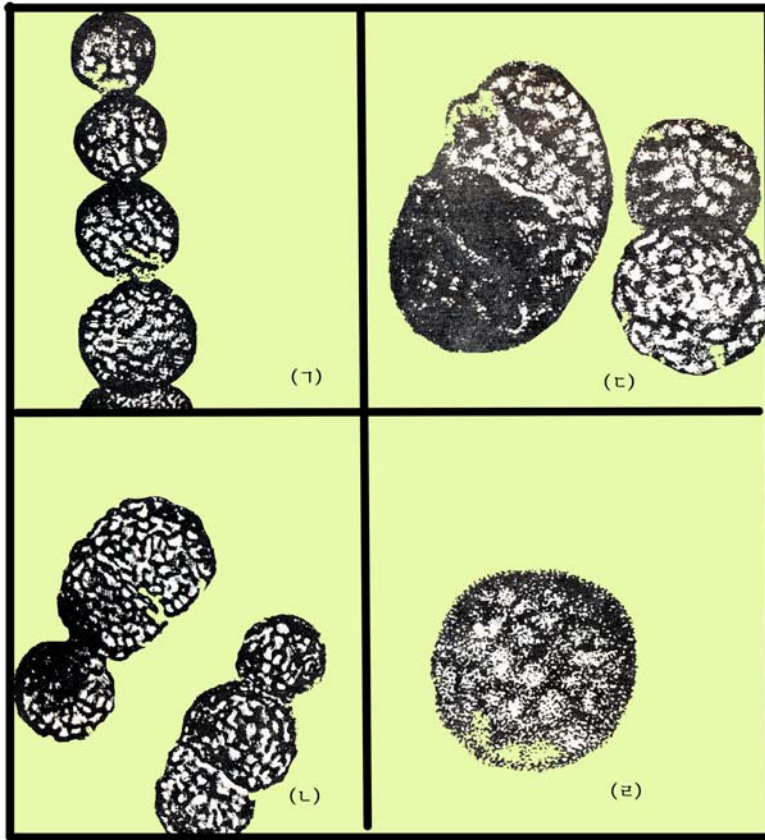



그림 4-4. 벼와 갈세포원형질체의 전기융합

원형질체현탁액에 고주파교류(1～수MHz, 10～200V/㎝)를 걸어주면 원형질체들은 전기마당방향으로 한줄로 나란히 서게 된다.(그림 4-4 ㄱ)

이 상태에서 센 임풀스전압을 가하면 세포의 접착점에서는 세포막구조가 파괴되는데 이것이 다시 회복될 때 서로 접해있는 막사이에서 융합이 일어난다.(그림 4-4 ㄴ～ㄹ)

다른 실례로 벼와 돌피의 원형질체에 고주파교류(4MHz, 250V/㎝)를 10초동안 통과시킨다. 다음 직류임풀스 3～4㎸/㎝를 30마이크로초정도 주어 세포융합을 시키고 잡종식물체를 키워냈다. 이밖에도 식물세포융합방법에는 높은 pH-높은 Ca법, 폴리에틸렌글리콜(PEG)법 등이 있다.

동물세포융합

붉은피알응집비루스(HVJ, 센다이비루스)에 의하여 동물세포융합이 일어난다는것이 발견된 후부터 동물세포를 변화시키거나 유전적해석을 추측이 아니라 직접적으로, 일정한 정도로는 목적지향성있게 할수 있게 되였다.

동물세포는 균류나 식물세포와는 달리 세포벽이 없으므로 그자체가 원형질체이다.

동물세포에서는 막에 있는 당단백질과 당기름질사슬에 의하여 세포융합이 저해된다. 붉은피알응집비루스를 비롯한 일부 비루스들은 배양하는 세포들을 서로 융합시킨다.

두 세포가 융합된 초기에는 아직 두 핵이 따로따로 있는 두핵세포이다. 배양을 계속하면 두 핵이 하나의 핵으로 되여 물들체수도 합친것만큼 늘어난다.

합쳐진 융합핵안에서는 두 핵의 상태가 점차 같은 분렬주기상태에 놓이도록 조절된다. 이렇게 되여 하나의 완전한 세포핵으로 된다.

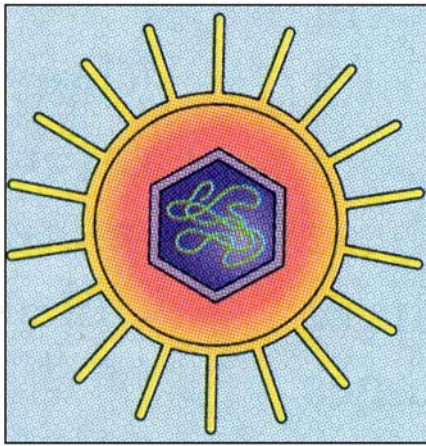
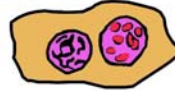
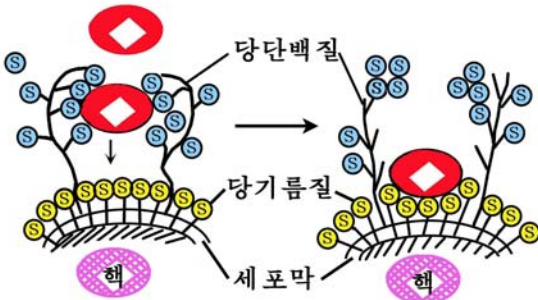



그림 4-5. HVJ에 의한 세포융합과정

다음 융합된 세포는 분렬한다.

얻어진 잡종세포는 식물의 몸세포잡종과 마찬가지로 대체로 두 출발세포의 중간성질을 가진다.

동물세포융합에서는 전기마당처리를 많이 하고있다.

잡종세포의 물들체수변화

원숭이의 몸세포와 쥐의 몸세포를 융합하여 배양을 하면 원숭이의 물들체가 점차 탈락된다. 융합된 세포를 배양하면서 원숭이물들체가 점차 탈락되여 1개만 남고 쥐의 물들체는 전체가 남아있는 잡종세포그루를 얻었다. 여기에서 원숭이물들체가 순서대로 1개씩 남아서 정상분렬을 하고있는 잡종세포그루를 골라냈다. 이것을 원숭이의 유전적특성연구에 리용하려고 한다.

- 원숭이의 1번물들체만 가지고있는 잡종세포그루의 물질대사특징을 연구하면 어떤것을 알수 있는가?
- 원숭이의 1번물들체로부터 24번물들체까지 각각 한개씩 가지고있는 세포그루 24개의 물질대사특징을 연구하면 무엇을 알수 있는가?

3. 클론기술

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《우리 나라의 과학기술을 가까운 앞날에 세계선진수준에 올려세우려는것은 우리 당의 확고한 결심입니다.》

생물공학의 첨단기술의 하나인 동물클론화기술은 사람의 건강을 증진시키고 인민생활을 높이는것과 관련된 매우 중요한 분야이다.

1) 동물클론화의 종류

클론에 대한 개념

클론이란 어떤 하나의 생물개체나 세포 또는 유전자로부터 무성적방법으로 증식된 꼭같은 유전적조성을 가진 개체무리, 세포무리 또는 유전자무리를 말한다. 그리고 이것을 만들어내는 공정을 **클론화**(cloning)한다고 말한다.

클론은 개체수준에서의 클론과 세포수준에서의 클론 그리고 유전자수준에서의 클론으로 나누어볼수 있다.

개체수준에서의 클론이란 무성적방법으로 증식된 꼭같은 유전적조성을 가진 개체들의 집단을 말한다. 그리고 이 집단의 매 개체를 **클론개체**라고 부른다.

생각하기

식물의 무성생식에는 어떤것이 있으며 무성생식으로 생긴 개체들을 클론개체라고 할수 있는가?

한 계통의 미생물세포가 분렬하여 생긴 세포집단(균무지)을 **세포클론**이라고 부른다.

그리고 특정한 유전자를 운반체에 련결시켜 숙주세포에 넣어 다량증식시킨것을 **유전자클론**이라고 부른다.

동물클론화의 종류

동물클론화란 무성적방법(쌍붙임없이)으로 몸세포핵을 미수정란에 이식하여 클론동물을 얻는것을 말한다.

배자기원성세포클론화(수정란클론화). 32세포기배자(배체)를 분할하여 그의 핵을 미수정란에 이식하여 클론동물을 얻는것을 말한다.

몸세포클론화. 태아섬유세포, 젖선세포 등 몸세포핵을 미수정란에 이식하여 클론동물을 얻는것을 말한다.

클론동물을 얻으려면 핵이식을 거치지 않은 수정란을 배자주는체동물로부터 회수하고 그의 핵을 미수정란에 이식한 다음 대리어미에게 넣어주어 새끼까지 낳게 하는 공정을 거쳐야 한다.

배자이식과 클론동물만들기의 다른 점은 이식하는 배자의 핵이 치환되였는가 아닌가 하는데 있다.

동물클론화에서 핵받는체동물이 낳은 새끼는 핵주는체동물의 유전적특성을 가지게 된다.

2) 배자기원성세포클론화의 일반공정

(1) 채란, 전처리 및 수정란의 갈림쪽분리

① 토끼준비

② 수정란의 채취

③ 수정란의 갈림쪽분리

④ 미수정란의 채취

⑤ 미수정란의 전처리

(2) 제핵(미수정란에서) 및 활성화

① 제핵

② 제핵란의 활성화

(3) 핵이식 및 융합

① 핵이식(갈림쪽이식)

② 전기융합

(4) 배자배양 및 배자이식

① 배자배양

② 배자이식

(5) 결과관찰

3) 시약준비

조작액(용매는 초순수, 3차증류수)

조성성분	100mL당
M199	990mg
Hepes	289mg
페니실린	8mg
마이싱	5mg
$NaHCO_3$	80mg
FCS(소태아피물)	10%
pH	6.5~6.9

배양액(용매는 초순수)

조성성분	100mL당
M199	990mg
$NaHCO_3$	170mg
페니실린	8mg
마이싱	5mg
EDTA	0.0025%
FCS	10%

융합액(용매는 초순수)

조성성분	100mL당
만니톨	0.3mol/L
$MgSO_4$	0.1mmol/L
$CaCl_2$	0.05mmol/L

PBS액(10mL당)

NaCl	80mg
KCl	2mg
$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$	28.9mg
KH_2PO_4	2mg
초순수	10mL

히아제용액 0.2%(PBS에 푼다.)

프로레아제용액 0.5%(〃)

시토칼라신 B 7.5㎍/mL(〃)

호르몬제(PMSG, HCG) 100단위/mL

용매는 PBS 또는 0.85% 식염수로 한다.

4) 실험방법

(1) 채란, 전처리 및 수정란의 갈림쪽분리

① 토끼준비

○ 미수정란채집용토끼, 수정란채집용토끼, 대리어미토끼, 수토끼 등을 준비한다.

○ 배자기원성세포클론화를 진행하기 위하여 미수정란, 수정란채취를 위한 토끼, 대리어미토끼가 있어야 한다.

② 수정란의 채취

○ 수정란채취를 위하여 암내가 인 어미토끼에게 PMSG 100단위를 근육주사한다.(PMSG: 려포성숙호르몬)

○ 72시간 지나서 HCG(사람융모성고나도트로핀) 100단위를 정맥주사한다.

○ 성숙한 암토끼와 수토끼를 쌍붙인다.

○ 쌍붙인 암토끼에서 40시간 지나서 채란하면 8세포단계에 있는 배자가 얻어진다.

③ 수정란의 갈림쪽분리

○ 채란한 수정란을 0.5% 프로테아제로 5분(38.5℃에서) 처리하여 투명대를 제거하고 PBS로 씻는다.

○ PBS에 20분간 방치하고 피페팅하여 갈림쪽들을 개개로 분리한다.

④ 미수정란의 채취

○ 수정란채집용토끼에 PMSG주사한 때로부터 하루 지나서 미수정란채집용토끼에게 PMSG를 100단위 주사한다.

○ 72시간후 HCG를 100단위 정맥주사한다.

○ 15시간 지나서 미수정란을 채취한다.

○ 채란할 토끼의 귀정맥에 공기를 주사하여 죽인다.

○ 해부판우에서 배(아래배)를 10cm정도 가르고 새끼집-란관-란소를 드러내놓는다.

○ 란소쪽에 있는 수란관의 나팔관에 카테테르의 뾰족한 끝을 꽂고 다른 끝은 샤레에 놓이게 한다.

○ 주사기로 미리 38.5℃로 예열한 관류액 4mL를 란관에 통과시킨다. 그러면 샤레에 관류액과 함께 란자가 흘러나온다.

⑤ 미수정란의 전처리

○ 채란한 미수정란 주변에는 수많은 란구(알에 붙은 몸세포)세포들이 둘러싸여있으므로 그것을 제거하는 전처리공정이 있다.

○ 0.1% 히아제(히알루로니다제) 한방울을 빈 샤레에 떨구고 채란한 샤레에서 건져낸 란구덩어리들을 넣는다.

○ 38.5℃에서 10분간 방치한다.

○ 란구세포들이 떨어져나가도록 손피페트로 피페팅한다.

○ 분리된 미수정란들을 조작액으로 3번 세척한다.

(2) 제핵(미수정란에서) 및 활성화

① 제핵

○ 먼저 75μmol/mL의 시토칼라신 B(CB)용액에 미수정란들을 옮기고 15분간 방치한다.

○ 가운데가 오목하게 패인 밑판유리에 CB용액을 40μL 떨구고 그우에 류동파라핀을 씌운다.

○ 다음 이 밑판유리를 미세조작기가 달려있는 도립현미경의 받침판에 옮겨놓는다.

○ 미수정란들을 밑판유리에 있는 CB용액에 넣는다.

○ 미수정란을 미세조작기의 한쪽 고정피페트로 고정하고 다른쪽에 있는 유리침으로 제핵한다.

○ 제핵미수정란을 조작액으로 씻고 30분간 안정화시킨다.(38.5℃의 정온기에서)

② 제핵란의 활성화

란자의 세포질에는 MPF라는 인자가 있어 자기 세포질에 들어오는 핵을 응축시켜 세포분렬이 정상적으로 일어나지 못하게 한다.

정상수정시에는 정자의 자극으로 란세포질에로 Ca^{2+}이 급격히 들어간 결과 MPF활성이 없어진다.(MPF: 세포분렬억제인자)

수정이 진행되지 않는 클론화에서는 이식한 핵이 란세포질에서 정상적으로 분렬할수 있도록 인위적으로 MPF활성을 떨군다. 즉 란활성화를 해야 한다.

MPF작용을 억제하기 위하여 즉 란을 활성화시키기 위하여 전기적자극을 준다.

○ 제핵미수정란을 융합액으로 씻는다.

○ 1.2-1.6㎸/cm, 50마이크로초의 전기임풀스자극을 준다.(직각임풀스)

○ 배양모세관에서 3시간동안 활성화배양을 한다.

(3) 핵이식 및 융합

① 핵이식

○ 제핵미수정란을 밑판유리의 CB액속에 옮기고 동시에 여기에 분리한 갈림쪽들을 넣는다.

○ 미세조작기우에서 미수정란을 고정피페트로 고정하고 핵이식피페트로 갈림쪽을 빨아서 찢어진 투명대부위를 통하여 란강에 넣어준다.

○ 갈림쪽이식한 란들을 씻은 후 30분간 안정화시킨다.

② 전기융합

○ 갈림쪽이식란들을 융합액으로 씻고 챰바의 두 극사이에 배렬한다.

○ 전기융합기로 교류(씨누스파)-직류(직각임풀스)-교류자극을 준다.

(4) 배자배양 및 배자이식

① 배자배양

융합란들을 배양액으로 씻은 다음 배양모세관에 옮기고 38.5℃ 정온기에서 18~20시간 배양한 다음 발육정도를 확인한다.

융합이 제대로 되였는가는 융합시킨 후 30분~1시간 지나서 배양모세관 그대로 립체현미경으로 관찰해보면 확인할수 있다.

18~20시간 지나서 현미경으로 관찰해보면 정상발육한것들은 2~4세포기로 분렬한것이 보인다.

② 배자이식

○ 대리어미토끼에 배자이식하기 18~20시간 전에 HCG 50단위를 정맥주사한 다음 정관결착수컷과 쌍붙인다.

○ 마취제를 이 대리어미토끼의 귀정맥에 주사하여 마취시킨다.

○ 해부판에 배쪽이 높아지게 토끼의 네다리를 고정하고 수술포를 씌운다.

○ 해부하여 란소를 찾아 배란점을 확인한다.

○ 2~4세포기로 발육한 클론배자를 배양액으로 씻어 이식용피페트로 옮긴다.

○ 나팔관의 끝쪽에 이식피페트끝을 2cm정도 넣고 배자를 이식한다.

○ 장선으로 복막을 봉합하고 페니실린 5만단위를 수술자리에 뿌린다.

○ 명주실로 가죽봉합한다.

○ 대퇴근에 페니실린 5만단위를 주사한다.

(5) 결과관찰

○ 배자이식 15~20일만에 착상상태를 확인한다.

○ 착상되였으면 배자이식 30일만에 클론새끼가 생긴다.

4. 줄기세포배양기술

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 여러차례에 걸쳐 우리 나라에서 줄기세포에 대한 연구사업을 강화할데 대하여 가르쳐주시였다.

새 세기의 요구에 맞게 생물공학을 빨리 발전시키자면 클론기술과 함께 줄기세포배양기술에 대한 깊은 지식을 가져야 한다.

1) 줄기세포의 종류

줄기세포에 대한 개념

줄기세포란 증식력이 매우 크고 여러가지 종류의 세포로 분화될수 있는 미분화된 세포를 말한다.

줄기세포의 이러한 특징을 리용하여 세계적으로 줄기세포연구를 강화하여 여러가지 난치성질병을 치료하는데 리용하기 위한 연구가 광범히 진행되고있다.

줄기세포의 종류

① 발생의 어느 단계에서 얻은것인가에 따라 크게 배자줄기세포와 성체줄기세포로 나눈다.

배자줄기세포: 주머니배형성단계에서 얻은 줄기세포를 말한다.

성체줄기세포: 태아 또는 성체의 몸조직에서 얻은 줄기세포를 말한다.

② 분화능력에 따라 전능성줄기세포, 다능성줄기세포, 단능성줄기세포로 나눈다.

전능성줄기세포: 모든 종류의 세포로 분화될수 있다.

배자줄기세포만이 이런 특성을 가진다.

다능성줄기세포: 여러가지 종류의 세포로 될수 있다.

간엽성줄기세포는 뼈, 삭뼈(연골), 기름조직, 근육 등으로 될수 있다.

조혈줄기세포는 붉은피알, 흰피알, 림파구, 혈소판 등 피속의 모든 세포로 될수 있다.

단능성줄기세포: 밀접히 련관된 한가지 또는 두가지 종류의 세포로 될수 있다.

2) 간엽성줄기세포배양의 일반공정

① 재료채취 및 세척

② 재료소독 및 세척

③ 세포채취

④ 배양

⑤ 계대배양

⑥ 검증

3) 시약 및 배양병준비

(1) 시약

① 배양액조성성분

LG-DMEM: DMEM(동물조직종합배지)

DMEM 1L분을 재증류수 1L에 풀고 L-글루타민 0.292g을 첨가한다.

중조를 조금씩 넣으면서 pH를 7.2로 맞추고 무균려파한 후 소태아피물 10%를 첨가한다.

M199배지: 동물조직배양배지

② 소화액조성성분

· Try(트립신) 0.025%

· EDTA(에틸렌디아민테트라초산) 0.02%

· PBS액

③ 소독약

0.1% 클로로헥시딘

(2) 배양병준비

○ 배양에 리용할 배양병($25cm^2$:밑바닥면적)을 중크롬산카리용액에 1일 방치하고 증류수로 액을 교체하면서 여러번 씻는다.

○ 하루동안 포르말린바께쯔에 넣어 훈증소독을 진행한다.

(이때 뚜껑을 꽉 막지 않고 열어놓고 훈증소독을 진행한다.)

○ 다음 70℃ 건열기에서 1주일간 건열멸균을 진행한다.

4) 실험방법

(1) 재료채취 및 세척

토끼를 쌍붙여 새끼배기 25일이 된 토끼를 준비한다.

새끼밴 토끼의 배를 가르고 새끼집을 꺼내여 새끼집을 가르고 토끼태아를 무균샤레에 받는다.

○ 1차무균실에서 토끼태아의 사지를 절단하여 대퇴골의 골수가 상하지 않게 근육을 제거한다.

○ 2차무균실에서 뼈를 PBS액(항생제가 포함된 액)으로 2번 세척하고 샤레에 옮겨 무균함에 넣는다.

(2) 재료소독 및 세척

○ 재료를 다른 샤레에 옮기고 여기에 1% 헥시딘을 재료가 잠길 정도로 넣어 5분동안 멸균한다.

○ 다음 핀세트로 재료를 꺼내여 항생제가 포함된 PBS액으로 3번 세척하여 헥시딘을 깨끗이 제거한다.

(3) 세포채취

골수세포채취

○ 대퇴골의 골수자르기

미세가위로 골수를 제거하여 뼈를 관통시킨다.

이때 골수를 너무 많이 잘라버려 골수가 잃어지지 않게 얇게 잘라야 한다.

○ 골수세포채취

항생제가 포함된 배양액 0.5mL정도를 바늘이 가는 주사기에 넣고 골수액을 씻어 샤레에 받는다. 이때 배양액과 함께 세포들이 샤레에 떨어지게 된다.

삭뼈세포채취

○ 소독된 시계접시우에서 미세가위로 골수의 삭뼈를 5분간 매우 잘게 탕친다.

○ 다음 이것을 세포거르개로 거르기한 다음 얻어진 용액을 원심분리기로 1 800rpm(회/분)의 속도로 8~10분동안 원심분리한 다음 가라앉은 세포를 채취한다.

(4) 배양

○ 배양액 5mL에 소태아피물 0.5mL를 첨가하여 배양병에 넣고 얻어진 세포액을 배양병에 첨가한다.

○ 마개를 밀봉하고 습도 98%, 온도 38.5℃인 정온기에서 24~28시간 방치한다.

○ 다음 세포상태를 관찰하고 세포들이 부착되였는가 부착되지 않았는가를 관찰한다.

(5) 계대배양

○ 간엽성줄기세포는 부착세포이므로 배양병에 붙어서 자란다.

그러므로 세포상태를 관찰하면서 3일에 한번씩 배양액을 교체해주어야 한다.

○ 10일정도 지나 배양병에 세포들이 70~80% 꽉 들어찼을 때 0.5% 트립신을 37℃에서 5분간 처리하여 부착된 세포를 배양병에서 떼여낸다.

트립신처리 5분후 10% 피물을 첨가한다.

다음 원심분리기로 웃층을 제거하고 다시 PBS액으로 부유시킨다.

다음 또다시 원심분리하여 4개의 배양병에 나누어 배양한다.

(얻은 세포전체의 1/4정도씩 매 배양병에 나누어넣는다.)

(6) 검증

골수를 분리하여 간엽성줄기세포를 배양하는 경우 부착배양된 세포들가운데는 간엽성줄기세포도 있지만 줄기세포가 아닌것도 있다. 최소한 3~4대 계대배양하면 증식력과 분렬능력이 센 간엽성줄기세포는 계속 부착배양되지만 증식력과 분렬능력이 약한 다른 세포는 부착되지 못하고 떨어져나간다.

이렇게 계대하여 얻어진 세포무지에 대한 검증을 진행하여 확인한다.

5. 세포공학의 리용

오늘날 세포공학이 발전하면서 새로운 농작물과 집짐승, 물고기를 비롯한 좋은 품종들이 많이 만들어져 생산에 도입되고있으며 유용한 동식물품종들을 다량번식시키는 체계도 수립되였다.

우리 나라를 비롯한 세계 여러 나라들에서도 조직배양기술을 리용하여 귀중하고 쓸모있는 식물들을 다량번식시키고있다.

식물조직배양으로 처음 번식시킨것은 란꽃식물이다.

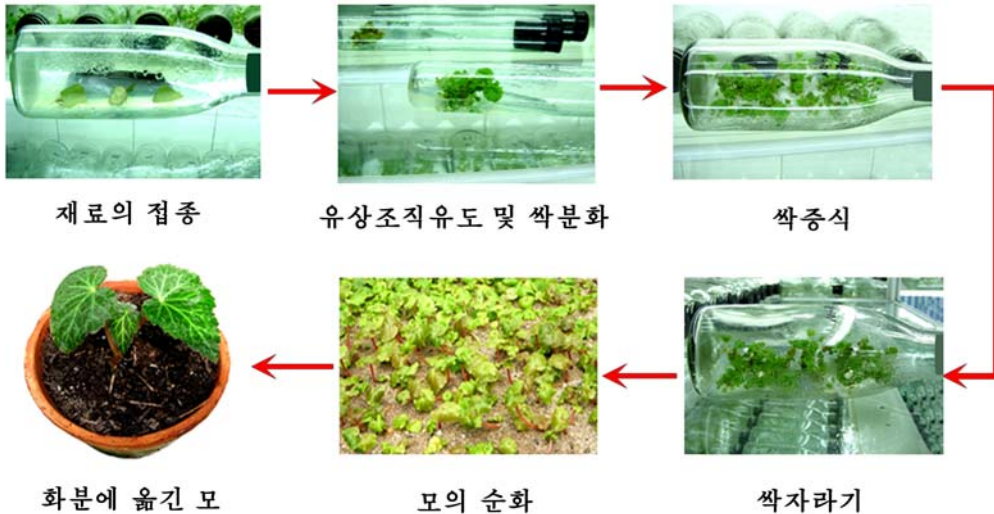



그림 4-6 불멸의 꽃 **김정일**화의 조직배양모생산

우리 나라에서는 불멸의 꽃들인 **김일성**화와 **김정일**화를 조직배양하여 꽃의 고유한 특성을 그대로 유지하면서 많이 번식시켜 전국각지는 물론 세계 여러 나라들에 널리 보급하고있다.

감자를 비롯한 영양번식작물재배에서 비루스에 의한 피해를 막고 생산을 늘이기 위하여 조직배양법으로 무비루스모를 길러 리용한다.

감자비루스에는 X, Y, S 등 20여가지가 있다. 비루스에 감염되면 감자생산량이 30～50% 줄어든다.

그러나 감자줄기끝생장점에는 비루스가 없으므로 그것을 0.1～0.2㎜ 크기로 잘라내여 조직배양하면 비루스없는 모 즉 무비루스모를 얻을수 있다.

우리 나라에서는 위대한 령도자 **김정일**원수님의 현명한 령도에 의하여 무비루스감자종자를 생산하여 협동농장까지 공급하는 체계가 확고히 세워졌다.

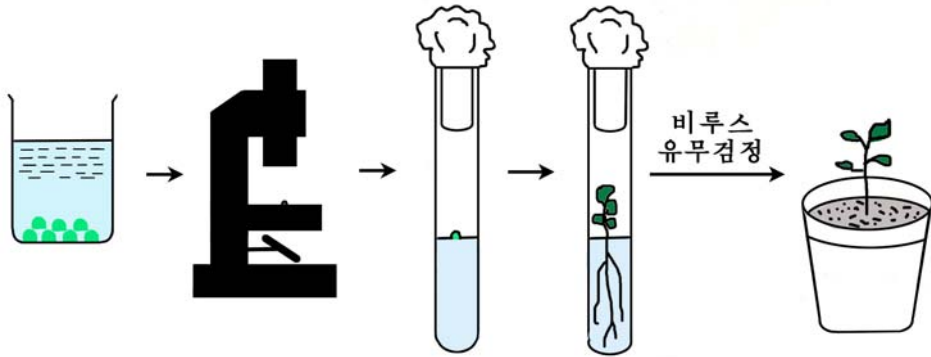



그림 4-7. 조직배양에 의한 무비루스감자모생산

식물조직배양은 새 품종을 만드는데도 리용된다.

1964년에 독말풀의 꽃가루배양이 성공한 다음부터 식물조직배양기술을 새 품종만들기에 리용하기 시작하였다.

꽃가루를 배양하면 섞붙임육종법에 비하여 새 품종을 훨씬 짧은 기간에 만들어낼수 있다. 이미 벼, 밀, 담배 등에서 새 품종들이 얻어져 생산에 도입되고있다.

그리고 원형질체를 배양하는 과정에 생기는 변이체들로부터 새 품종을 얻고있다.

이밖에 식물조직배양기술로 인삼사포닌을 비롯한 여러가지 귀중한 약품을 얻고있다.

식물세포융합기술은 추위, 병균, 소금기를 비롯한 불리한 조건에 대한 저항성이 높은 품종을 만들어내는데 많이 리용되고있다. 배추와 가두배추사이에 세포융합방법으로 얻은 잡종식물은 《BioHakuran》이라는 품종으로 되여 생산에 도입되고있다.

최근 동물세포공학분야에서는 핵이식과 같은 무성생식방법에 의하여 유전적으로 같은 개체들을 얻는 클론기술이 발전하면서 클론동물을 만들어 생산에 리용하고있다.

1997년에 몸세포핵을 미수정란에 바꾸어넣어 처음으로 몸세포핵에 의한 클론양(돌리)을 얻었다. 그 이후 소에서도 몸세포핵을 리용한 클론소가 얻어졌다.

배체의 련속클론화에 대한 연구도 심화되고있다. **련속클론화**란 하나의 배체로부

터 동일한 유전자형의 후대를 대량적으로 얻는것을 말한다. 이것을 재클론화라고도 부르는데 핵이식배체로 1세대의 동일유전자형의 배체를 리용한다. 만약 1개 핵이식주기에 10개의 활성있는 배체를 만든다면 다음의 재클론화에서는 100개의 배체클론을 만들수 있다. 이와 같이 그 수는 지수함수적으로 증가하여 5세대가 지나면 리론적으로 10^4마리의 클론동물에 해당한 배체를 만들수 있다. 이것을 암컷으로 리용하는 동물의 새끼집에 넣어서 발육시키면 10^4마리의 클론동물을 단번에 얻을수 있다.

우리 나라에서는 이미 클론토끼를 만든데 기초하여 여러가지 클론동물을 얻기 위한 연구사업을 힘있게 벌리고있다.

최근 줄기세포배양기술이 점차 발전함에 따라 그것으로 여러가지 병을 치료하는데 리용하고있다.

줄기세포를 생체내에 주입하여 조직을 수복하고 병을 치료하는 재생의료 즉 《세포치료》의 개념이 생겨났다.

일반적으로 세포치료약이란 사람의 조직으로부터 분리한 후 배양 혹은 가공을 거쳐 얻어지는 치료용세포집단을 말한다.

세포치료약은 자기 또는 다른 사람의 세포를 리용하여 생체내의 상실된 기능을 재생하여 병을 치료하는 약이다.

그러므로 여러가지 세포와 조직에로의 분화능력을 가지는 성체줄기세포, 간엽성줄기세포 및 배자줄기세포 등이 많이 리용된다.

세포치료약에 리용되는 줄기세포는 련속적으로 자기와 동일한《딸세포》를 만들며 보다 국한된 다른 성질의 《딸세포》를 만드는 능력이 있는 세포이다.

줄기세포가 가지고있는 이러한 특징에 의해 발생때의 기능적조직형성 및 손상때의 조직재생이 가능해진다.

줄기세포를 배양하여 여러가지 인공장기를 생산하여 병든 장기와 교체하는 사업이 진행되고있다.

심장, 피, 폐, 위 등을 줄기세포로부터 얻고 그것을 바꾸어넣기 위한 연구에서 일정한 성과들이 이룩되였다.

근원줄기세포를 리용하여 손상된 근육과 뼈를 치료하고있다.

줄기세포에 의해 근육수복과정에 손상된 조직은 탐색되고 근섬유조직이 재생된다.

다음 피줄이 새로 형성되며 근육이 성숙되면서 상처조직이 개조된다.

근육에 있는 뼈전구세포와 근원줄기세포는 뼈유합을 촉진시킨다. 그리하여 손상된 근육과 뼈를 원상대로 수복시킨다.

동물세포공학기술은 단클론항체생산, 배(배체)이식, 물고기육종, 약품생산 등에도 널리 리용되고있다.

단클론항체생산

단클론항체는 한 종류의 항원에 대한 항체로서 단 하나의 항원결정기에만 반응하는 항체이다.

단클론항체는 항체를 분비하는 정상조직세포와 같은 조직유래의 종양세포를 융합시키고 그것을 배양하여 얻는다.

○ 단클론항체를 많이 생산하기 위해서는 어떻게 해야 하는가?

○ 단클론항체를 생산하기 위해 종양세포를 리용하는것은 무엇때문인가?

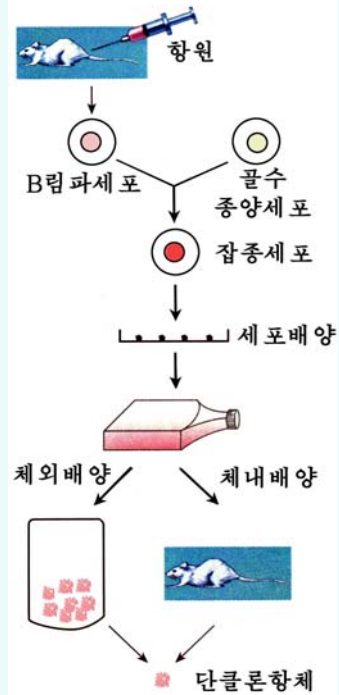



그림 4-8. 단클론항체생산과정

1. 새로운 종의 식물조직을 처음으로 배양하자면 어떤 배지를 리용하여야 하는가?
2. 분화와 탈분화의 관계와 그 의의는 무엇인가?
3. 동물조직배양의 특성을 식물조직배양과 비교하여 설명하여라.
4. 식물원형질체융합에서 많이 쓰는 방법은 어떤것이며 그 리유는 무엇인가?
5. 핵을 이식하여 새로운 동물을 만드는 과정을 례를 들어 설명하여라.

줄기세포연구의 국내외추세

배자줄기세포

줄기세포연구에서 무엇보다 주목을 끌고있는것은 배자줄기세포이다.

배자줄기세포는 배발생의 주머니배형성단계에서 얻은 줄기세포로서 인체의 모든 종류의 세포로 분화될수 있는 무제한한 분화능력을 가지고있다.

배자줄기세포를 리용하면 목적하는 임의의 세포를 유도분화시켜 치료에 쓸수 있다.

현재 배자줄기세포로부터 심장근육, 뼈, 신경세포 등을 유도분화시키는데 성공하였다.

그러나 배자줄기세포는 종양이 쉽게 생기므로 유도분화된 세포들가운데서 목적하는 세포만을 선별해내는 기술이 중요한 문제로 나서고있다.

또한 사람수정란을 얻는것도 배자줄기세포연구에서 난점의 하나로 되고있다.

이런데로부터 세계적으로 성체줄기세포에 대한 연구가 심화되고있다.

성체줄기세포

성체줄기세포는 태아로부터 어른에 이르기까지의 거의 모든 조직에 잠복상태로 있는 미분화상태의 세포이며 증식능력과 분화능력이 크다.

성체줄기세포는 증식능력과 분화능력이 크면서도 배자줄기세포와는 달리 종양을 일으키지 않는다는것, 재료를 쉽게 구할수 있다는것 등 여러가지 좋은 점을 가지고있으므로 많이 연구되고있으며 림상치료에 적극 리용되고있다.

간엽성줄기세포

간엽성줄기세포란 뼈, 삭뼈, 기름조직을 비롯하여 중배엽유래의 여러 조직들로 될수 있는 줄기세포이다.

성체줄기세포가운데서 간엽성줄기세포는 증식분화능력이 크고 배양조건이 다른 줄기세포보다 비교적 쉽다.

성체줄기세포는 우리 나라의 여러 연구기관들에서도 광범히 연구하고있다.

현재 재료원천으로는 삭뼈, 기름조직, 골수가 많이 리용되고있다.

일반적으로 다른 사람의 세포를 이식하면 거절반응에 의하여 이식된 세포가 죽지만 이 줄기세포는 거절반응이 잘 나타나지 않고 오래동안 살수 있으며 치료효과가 좋다.

제 2 절. 유전자공학과 그의 리용

· 유전자공학의 기본공정은 무엇인가?

· 유전자공학은 어떤 의의가 있는가?

유전자공학은 여러가지 방법으로 쓸모있는 유전자를 얻어내고 그것을 다른 생물체에 넣어주어 그의 유전적특성을 변화시키는 생물개조기술이다.

유전자공학에서는 목적하는 유전자만을 옮김으로써 생물의 유전적특성을 목적에 따라 변화시킬수 있다.

그러므로 유전자공학을 《유전자재조합기술》 또는 《DNA재조합기술》이라고도 부른다.

1. 유전자공학의 기본공정

유전자공학의 기본공정은 그림 4-9와 같다.

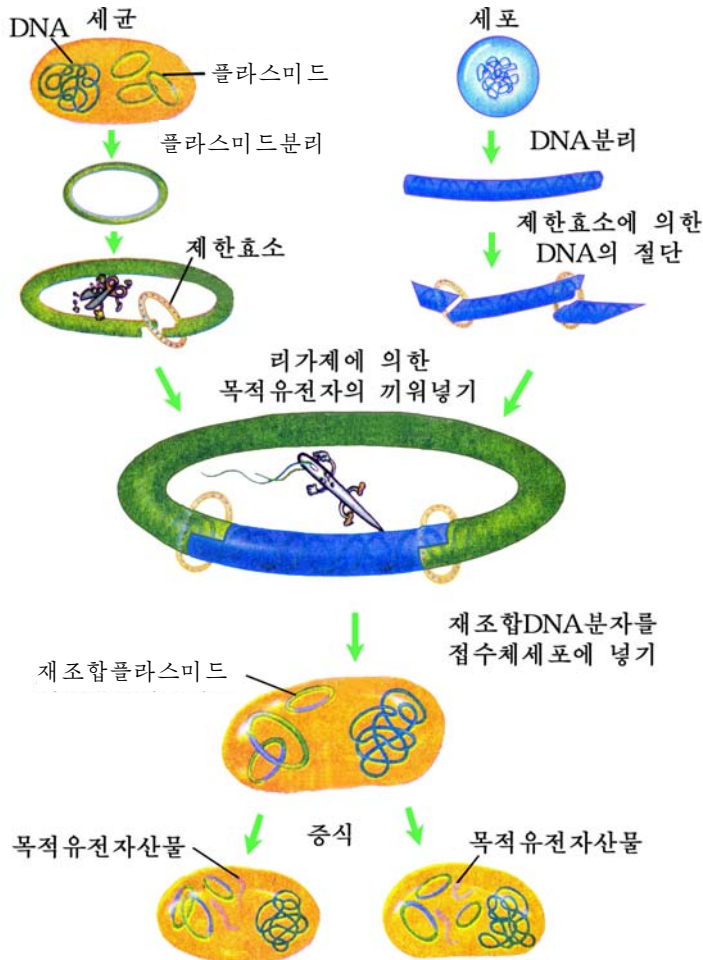



그림 4-9. 유전자공학의 기본공정

유전자공학은 크게 목적하는 유전자를 얻어내는 공정, 얻어낸 유전자를 유전자운반체와 결합시키는 공정, 이것을 숙주세포에 넣어주어 형질을 나타나게 하는 공정으로 나눌수 있다.

목적하는 유전자얻기

목적하는 유전자를 얻는 방법에는 화학합성법, 제한효소법, 역전사법이 있다.

화학합성법. 화학합성법이란 축합제를 작용시켜 단일한 누클레오티드로부터 폴리누클레오티드(DNA)를 합성하는 방법을 말한다.

먼저 합성할 데핵산의 누클레오티드배렬순서를 설계한다. 다음 그에 따라 첫번째 누클레오티드와 다음번에 결합시킬 누클레오티드를 축합제와 함께 작용시켜 결합

시킨다. 다음에는 반드시 반응산물을 분리정제하고 세번째 반응을 시킨다.

화학합성법으로는 순도가 높은 유전자를 얻을수 있으나 시간이 오래 걸리는것이 결함이다.

화학합성법으로는 1976년에 처음으로 티로신운반리핵산유전자를 합성하였고 뒤이어 소마토스타틴합성유전자, 인슐린합성유전자를 합성하였다.

제한효소법. 제한효소법이란 어떤 생물체의 총 데핵산에 제한효소를 작용시키고 그것을 원심분리하여 목적하는 유전자를 얻어내는 방법을 말한다.

제한효소가운데서 EcoR I는 데핵산의 염기배렬가운데서 -GAATTC-배렬의 G와 A사이만을 골라가며 끊고 Hind Ⅲ은 -AAGCTT-에서 A와 A사이를 끊는다. EcoR와 같이 임의의 부분을 마구 끊는것도 있다.

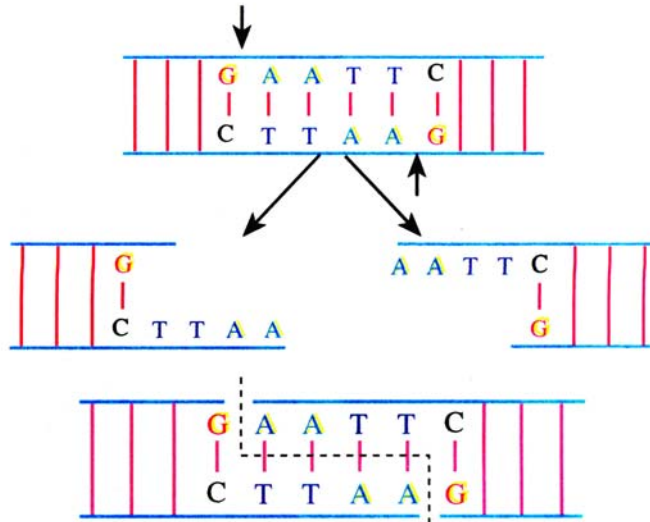



그림 4-10. 제한효소로 목적유전자얻기

역전사법. 역전사효소를 리용하여 리핵산으로부터 데핵산(유전자)을 만들어내는 방법을 **역전사법**이라고 부른다. 최근 진핵생물의 유전자를 만드는데 이 방법이 많이 쓰이고있다.

이 방법으로 유전자를 얻자면 역전사효소와 형틀로 될 리핵산, 4가지 핵산염기 기타 몇가지 물질이 있어야 한다.

역전사효소에는 여러가지가 있으나 아데노비루스의 역전사효소가 많이 쓰이고있다.

데핵산합성의 형틀로는 비루스리핵산, 정보리핵산, 운반리핵산, 리보솜리핵산, 합성리핵산을 쓸수 있다.

이 방법으로 인슐린합성정보리핵산으로부터 인슐린유전자를 얻은데 기초하여 알알부민유전자, γ-글로불린유전자, 비단실단백질합성유전자 등을 만들어내였다.

련결유전자재조합체만들기

목적하는 유전자를 얻으면 이것을 유전자운반체와 결합시켜 련결유전자재조합체를 만들고 그것들을 골라 효과성을 알아보아야 한다.

유전자운반체. 유전자운반체로서는 세균플라스미드와 인공적으로 합성한 pBR322를 비롯한 인공플라스미드, λ-파쥐를 리용하고있다. 또한 Ti(Tumor induction)플라스미드(세균성플라스미드)를 고등식물에서 유전자운반체로 리용하고있다. Ti플라스미드는 두싹잎식물에서 식물성암으로 불리우는 혹이 생기게 하는 플라스미드이다.

유전자운반체가 갖추어야 할 조건은 다음과 같다.

첫째로, 그자체가 자가복제단위로 되여야 한다.

둘째로, 생산적효과성이 높아야 한다.

여기서 중요한것은 유전자운반체의 증폭능력이 커야 한다. 단백질합성억제제인 클로람페니콜을 작용시켜 세포당 ColE1플라스미드가 24개정도 있던것을 12～16시간사이에 1 000～3 000개로 증폭시키는데 성공하여 이 방법이 도입되고있다.

또한 합성된 단백질을 세포밖으로 분리시킬수 있어야 한다.

셋째로, 유전자운반체는 다루기 편리하고 감염위험성이 없어야 한다.

플라스미드의 분리. 유전자운반체는 인공적으로 합성하기도 하고 세균세포에서 분리해내기도 한다.

플라스미드를 가지고있는 세균에 리조짐과 같은 효소를 작용시켜 세균세포벽을 녹이고 저장액속에서 세포막을 파괴한다. 다음 이것을 염화세시움밀도구배원심분리법으로 초원심분리를 하면 질량이 큰 물들체는 밑에 가라앉고 질량이 작은 플라스미드가 우에 뜬다. 이것을 분리해내면 된다.

목적유전자와 유전자운반체의 련결. 먼저 플라스미드와 목적유전자가 들어있는 물들체DNA에 제한효소 EcoR I 을 작용시킨다. 결과 고리모양이던 플라스미드는 끊어져 데핵산오리들로 된다.

한편 목적유전자에서도 EcoR I 을 작용시키면 플라스미드와 같은 염기배렬부분에서 끊어지게 된다.

이렇게 하여 얻은 목적유전자와 플라스미드를 섞고 여기에 데핵산이음효소(리가제)를 작용시키면 끊어졌던 데핵산부분들사이에 상보적인 공유결합이 이루어져 목적하는 유전자부분을 가진 고리모양의 유전자운반체가 얻어진다.

유전자운반체가 목적유전자와 결합된것을 **련결유전자재조합체**라고 부른다.

련결유전자재조합체가 만들어지면 이것을 숙주균과 섞어 배양하여 숙주균세포에 들어가게 한다. Ca^{2+}를 배양기에 넣어주면 숙주균세포에 더 많이 들어가게 된다.

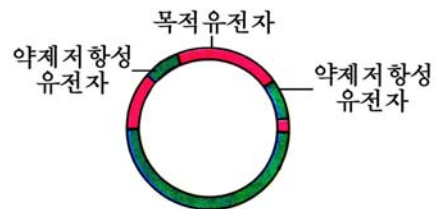



그림 4-11. 련결유전자재조합체

련결유전자재조합체가 자기의 기능을 나타내는가 하는것을 가려내기 위하여 약제저항성인자를 가진 플라스미드를 유전자운반체로 리용한다.

○ 유전자운반체가 반드시 자가복제하는 단위로 되여야 하는 근거가 어디에 있는가?

○ 유전자운반체를 증폭시켜야 할 리유는 어디에 있는가?

유전자증폭과 형질나타내기

유전자의 증폭. 세포당 유전자의 개수를 훨씬 증가시키는것을 **유전자증폭**이라고 부른다.

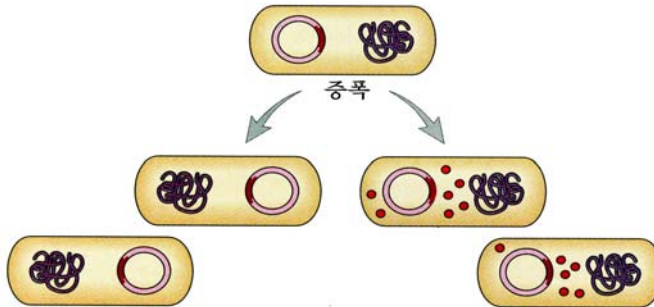



그림 4-12. 유전자의 증폭모식도

생물의 세포속에서 합성되는 단백질의 종류는 데핵산에 있는 유전자의 종류와 같으나 매 종류의 단백질이 합성되는 량은 그를 지배하는 유전자의 수에 의존된다.

만일 대장균세포에 있는 유전자를 두배로 늘군다면 단백질의 종류는 같으나 합성되는 량은 두배로 될것이다. 이러한 원리로부터 유전자공학에서는 목적하는 물질을 많이 얻기 위하여 유전자를 증폭시킨다.

유전자를 증폭시키기 위하여 련결유전자재조합체를 가진 균무지를 고른 다음 여러 세대동안 계대배양하였다. 그러나 최근 대장균의 플라스미드는 에틸렌글리콜과 같은 물질의 작용에 의하여 한세대동안 수백개로 복제된다는것이 밝혀져 유전자증폭에 리용하고있다.

형질나타나기. 련결유전자재조합체를 증폭시킨 다음 그것을 대장균세포를 비롯한 다른 생물에 넣어 목적한 물질을 합성하도록 하여야 한다. 즉 넣어준 유전자가 형질을 나타내도록 하여야 한다.

련결유전자재조합체가 숙주세포에 들어가 자기의 형질을 나타내도록 하기 위하여서는

첫째로, 련결유전자재조합체와 꼭 맞물리는 정보리핵산을 합성하는데 참가하는 요인들이 정확히 갖추어져있어야 한다.

둘째로, 유전자운반체가 들어있던 세균의 종이나 그와 가까운 종의 세균을 숙주균으로 리용하여야 한다.

셋째로, 만든 련결유전자재조합체분자의 크기가 알맞아야 한다. 너무 크면 새로운 환경에서 자가복제능력이 낮아진다.

생각하기

○ 형질전환세포의 선발에 표식자를 꼭 약제저항성인자만 리용해야 하는가?

○ 유전자운반체가 복제되지 않는다면 어떻게 되겠는가?

자료분석 및 탐구

약제저항성표식자를 리용한 형질전환체의 선발

일반적으로 1 000개이상의 숙주세포에서 한개정도의 비률로 형질전환이 일어난다. 약제저항성표식자를 리용하면 형질전환체를 편리하고 빠르게 선발한다.

○ 형질전환조작을 거친 세포들을 해당 항생제가 들어있는 배지에서 키우면 형질전환되지 않은 세포들은 항생제에 대하여 감수성이므로 자라지 못하고 형질전환된 세포들만 증식한다. 왜 그런가?

○ 형질전환된 새로운 균을 선발하자면 어떻게 하여야 하는가?

2. 유전자공학의 리용

오늘 유전자공학은 생물의 유전자구성을 밝히고 사람의 건강증진에 필요한 약품들과 식료공업에 쓰이는 효소를 비롯하여 쓸모있는 물질을 생산하는데 널리 리용되고있다.

지금까지 당뇨병치료에 집짐승의 인슐린을 썼다. 100g의 인슐린을 얻자면 돼지 취장 640kg이 필요하다. 그리고 집짐승의 인슐린을 오래 쓰면 부작용이 나타나며 원료도 제한되여 많은 량을 생산하기 어렵다.

지금은 사람인슐린유전자를 화학적으로 합성하여 대장균과 효모에 넣어 배양하는 방법으로 사람인슐린을 생산한다.

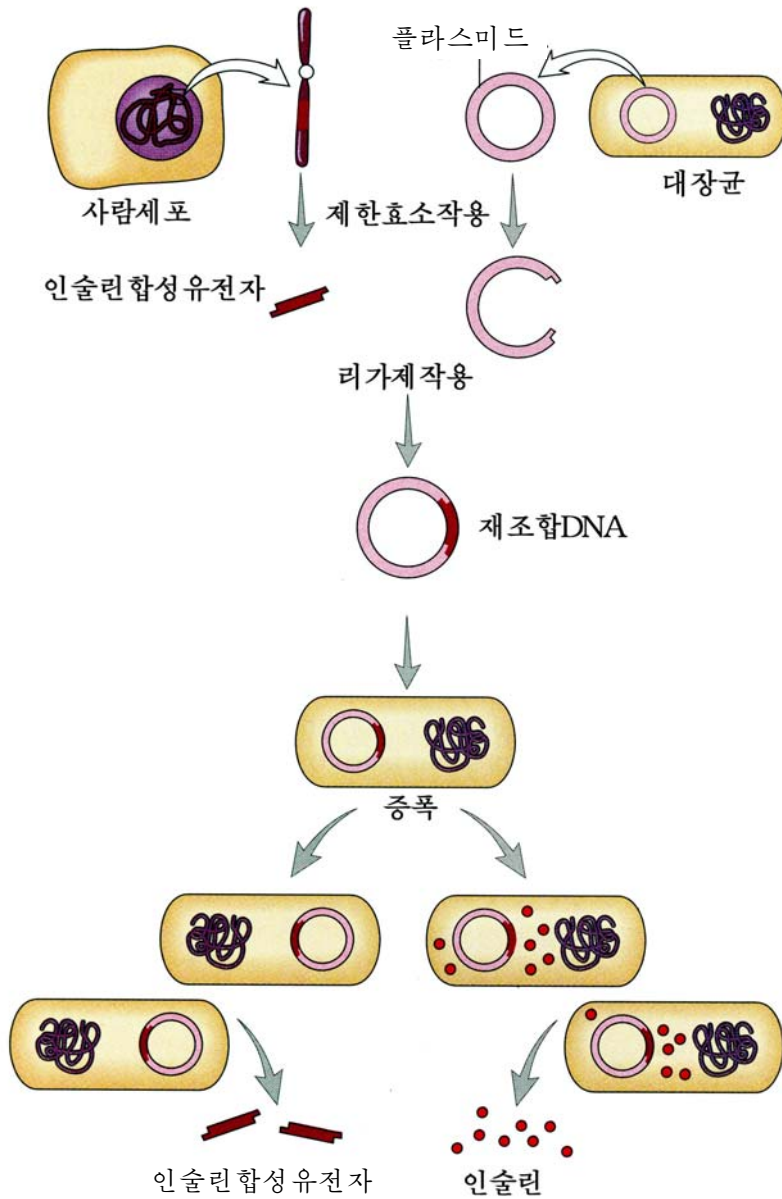



그림 4-13. 인슐린생산과정

급성취장염, 말단비대증(손가락, 발가락이 굵어지는 병)의 치료에 귀하게 쓰이는 소마토스타틴이라는 약도 지금까지는 동물의 뇌조직에서 뽑아 만들었다. 5g의 소마토스타틴을 얻는데 양 50만마리가 필요하다. 그러나 지금은 대장균을 배양한 액 1t이면 이것을 얻을수 있다.

난쟁이병을 예방하고 치료하는 성장호르몬, 항비루스 및 항암작용물질인 인터페론, 뇌혈전예방에 쓰이는 효소 우로키나제 등 사람몸에서 만들어지는 물질도 유전자공학적방법으로 생산하고있다.

유전자공학적방법으로 병치료에 쓰이는 효소의 합성능력을 높이고 여러가지 단백질을 생산하는 기술도 개발되고있다.

유전자공학은 또한 우량한 농작물과 집짐승을 얻고 유전병을 치료하는데 리용된다.

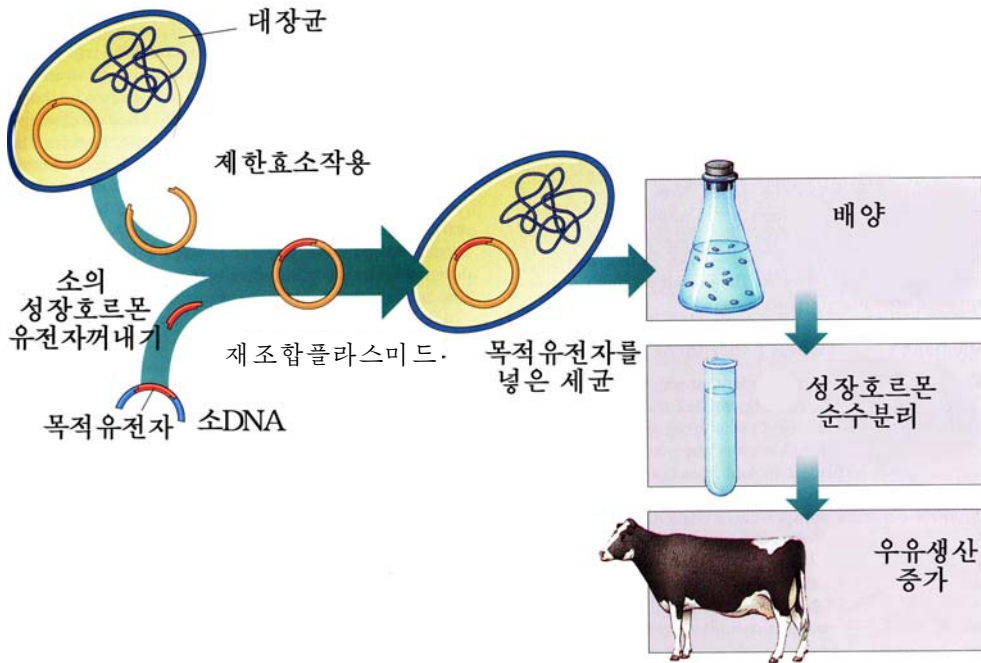



그림 4-14. 소의 성장호르몬생산

우량한 농작물을 육종하는데서 유전자전이방법을 리용하고있다.

이때에는 운반체로 식물의 혹형성과 관련된 Ti플라스미드를 널리 쓴다.

Ti플라스미드의 감염력을 리용하여 형질전환시키는 방법에는 식물체접종법, 잎조직배양법 등이 있다.

유전자전이방법으로 살초제저항성감자, 담배, 도마도, 병해충저항성벼, 강냉이, 감자, 목화, 담배, 유채, 뽕나무 등을 얻었고 그가운데서 일부는 생산에 도입하고있다.

우리 나라에서는 벼, 강냉이, 유채, 뽀뿌라나무 등을 재료로 형질전환식물체를 얻었다.

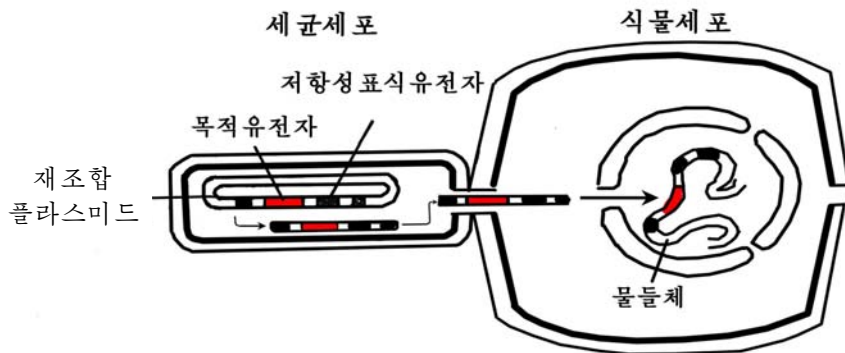
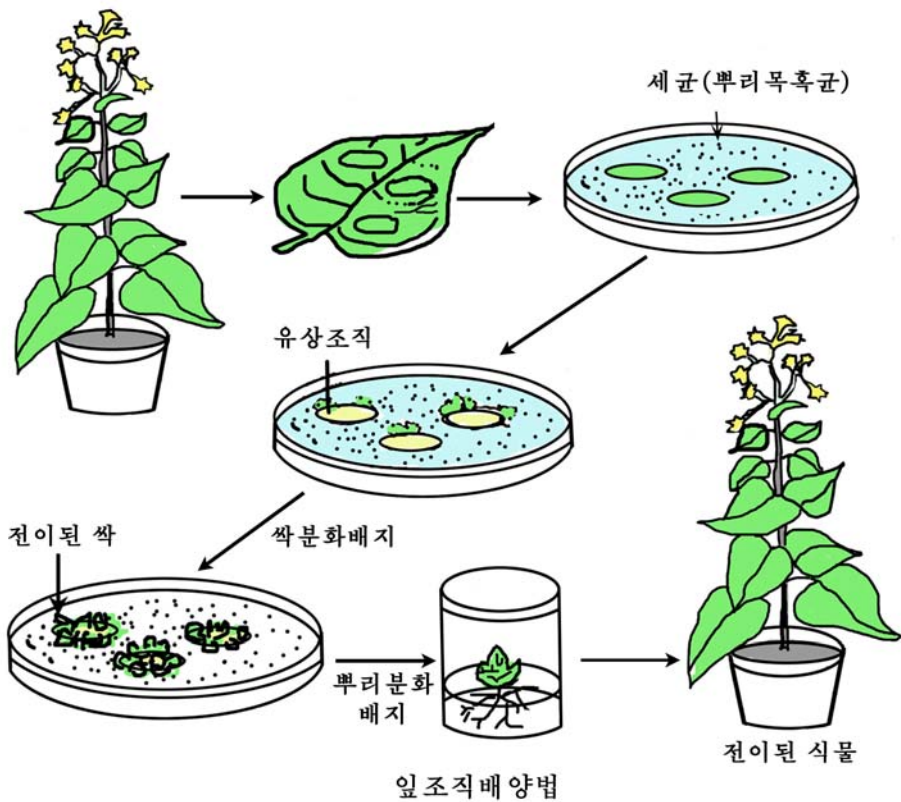



그림 4-15. 잎조직배양법과 유전자전이물림새

유전자전이방법은 동물육종에도 리용되고있다.

사람의 성장호르몬유전자를 도입한 유전자전이쥐를 연구하는데 성공한 후 집짐승육종사업에 이 방법을 적용하였다.

특히 소의 성장호르몬유전자를 돼지에 넣어주어 유전자전이돼지를 만들었다. 이 돼지는 하루몸질량증가와 사료리용률이 매우 높고 살가죽밑의 기름질이 적어지면서 고기의 조성도 변하였다.

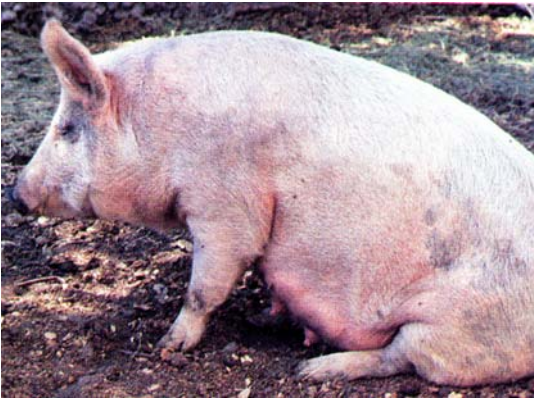



그림 4-16. 유전자전이돼지

유전자전이닭도 만들어냈는데 병저항성이 강한 유전자전이닭을 얻는 과정을 보면 그림 4-17과 같다.

그림에서 보는바와 같이 병저항성을 가진 닭을 선발하려면 자연적으로 혹은 인공적으로 병원균을 감염시킨 후 거기에서 살아나는 개체를 고르면 된다.

이밖에 유전자전이토끼, 양, 소, 물고기 등을 육종하여 생산에 도입하고있다.

미생물에서 유전자공학의 성과를 물의 오염방지와 정화를 비롯한 환경보호사업에도 적극 응용하고있다.

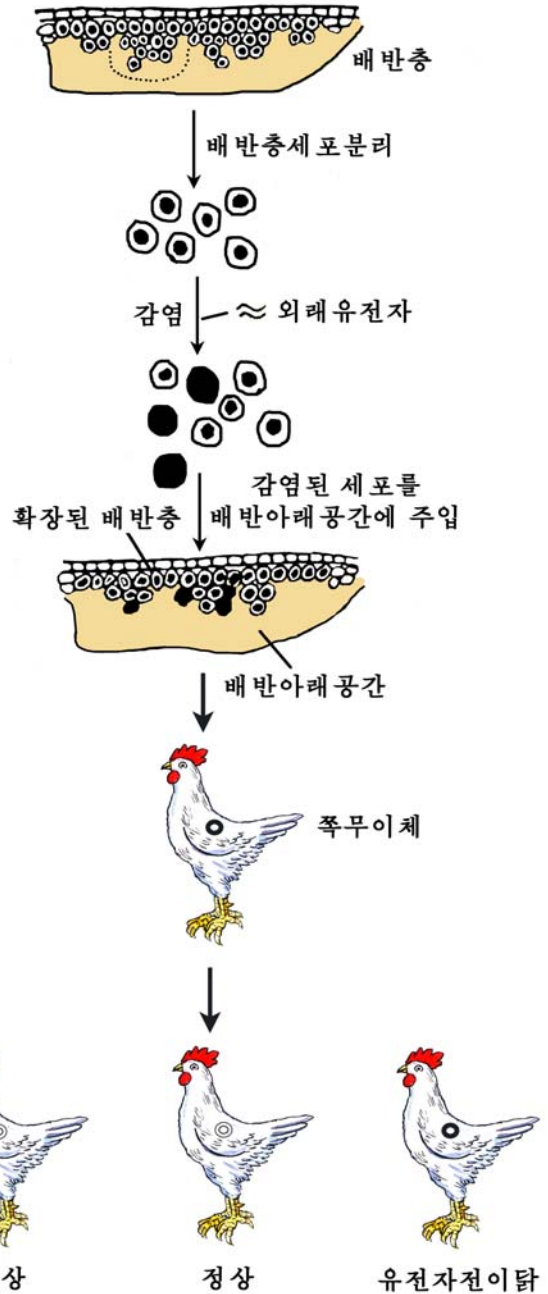



그림 4-17. 유전자전이닭의 육종

생각하기

○ 유전자전이농작물을 만들어내면 좋은 점만 있겠는가, 그렇지 않다면 왜 그런가?

○ 유전자공학적방법으로 동물의 젖속에 약성분이 포함되게 하자면 어떻게 하여야 하는가?

1. 유전자를 증폭시켜야 할 리유는 무엇인가?
2. 유전자공학에서는 파쥐와 세균을 많이 다룬다. 조작상 어떤 점을 주의해야 하는가?
3. 형질전환시켜 얻은 생물종들가운데서 대표종을 이야기하여라.

사람게놈에 대한 연구력사

사람의 게놈에 대한 연구가 시작된것은 그리 오래지 않다. 1978년에 처음으로 사람태아의 간DNA를 λ-샤론-4A운반체에 삽입시켜 게놈DNA문서를 만들었다.

이때 사람의 모든 게놈DNA가 파쥐속에 거의 100％확률로 삽입되는데 8×10^5개의 재조합파쥐가 리용되였다. 이것은 사람게놈DNA전체를 길이가 20Kb인 토막으로 자를 때 최소로 필요한 수자보다 더 많은 수자이다.

사람게놈DNA는 물들체별로 나누어져있으므로 DNA문서를 작성하기 위해서는 우선 매 물들체를 분리하고 물들체로부터 DNA를 추출한다.

그후 1983년부터 1986년까지의 기간에 사람의 게놈DNA를 코스미드운반체에 삽입시킨 유전자문서가 만들어졌으며 이때부터 사람의 전체 게놈의 염기배렬을 분석하려는 시도가 나타났다.

1988년에 사람게놈해석계획이 제기되여 국제적인 관심속에 1990년초부터 15년간(2005년까지)을 목표로 연구를 진행하였다. 그후에(1995년) DNA염기배렬분석기가 개발되여 사람게놈의 1차구조해석이 본격적으로 진행되였다.

2003년에 사람게놈의 구조해석이 완성되였다. 연구결과 사람게놈은 30억개의 염기쌍으로 이루어졌고 전체 유전자수는 3만개정도라는것, 유전자의 밀도가 가장 높은 물들체는 19번이고 가장 낮은것은 13번 물들체와 Y물들체라는것을 알게 되였다.

그러나 사람게놈의 유전자기능해석은 한창 진행중에 있다.

사람게놈에 대한 연구가 깊어지면서 게놈전체와 게놈안의 일정한 부위를 대상으로 하여 목적유전자가 있는 부분을 절단, 분리, 클론화하여 다른 생물종에 넣어주어 유전정보를 발현시키는 기술과 방법인 게놈공학이 더욱 빨리 발전하게 되였다.

사람게놈에 대한 연구가 완성되면 유전병을 비롯한 여러가지 악성질병을 고치고 건강한 몸으로 오래 살게 할수 있을것이다.

세포공학과 유전자공학

1. 식물조직배양의 종류와 그 의의는 무엇인가?
2. 식물세포융합과 동물세포융합의 같은 점과 다른 점은 무엇인가?
3. 동물에서 두 종의 세포가 융합된 이후에 세포분렬단계에 따라 한쪽의 물들체가 점차 없어지는 원인은 무엇이며 이것을 리용하여 어떤 문제를 밝힐수 있는가?
4. 제한효소와 누클레아제의 같은 점과 다른 점은 무엇인가?
5. 천연플라스미드보다 인공플라스미드가 유전자공학에서 더 많이 쓰이고있는 리유는 무엇인가?
6. 새로운 운반체를 만들자면 어떤 특징을 가지게 하는것이 좋겠는가?
7. DNA재조합방법에서 제일 좋은 방법은 무엇인가?
8. 유전자전이식물과 동물은 어떻게 만드는가?
9. 세포공학과 유전자공학의 같은 점과 다른 점은 무엇인가?

제3절. 나노생물기술과 그의 리용

- 나노생물기술이란 무엇이며 그의 주요목표는 무엇인가?
- 나노생물기술은 무엇을 해결하는데 쓰이는가?

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《정보기술, 나노기술, 생물공학은 현시대 과학기술발전의 핵심기초기술입니다.》

위대한 장군님께서는 정보기술, 나노기술, 생물공학을 현시대 과학기술발전의 핵심기초기술로 규정하여주시고 그것을 발전시키는데 선차적으로 힘을 넣을데 대하여 가르치시였다.

나노기술은 나노척도인 0.1~100nm의 범위에서 원자와 분자적현상에 대한 기초연구와 응용연구를 진행하는 새로운 과학기술분야이다.

나노생물기술은 나노기술을 리용하여 생명현상의 본질을 깊이 해명하고 그 응용방도를 찾아내는 나노기술의 한 적용분야이다. 즉 생물공학기술과 나노기술이 결합된것을 말한다. 그러므로 나노생물기술을 나노생물공학이라고도 부른다.

우리는 나노생물기술에 대한 학습을 깊이하여 그것을 발전시키는데 적극 이바지하여야 한다.

1. 생물공학과 나노기술의 호상관계 및 나노생물기술의 주요목표

생물공학과 나노기술은 밀접히 련관되여있다. 생물공학의 기본실험기술들은 나노기술이다. 례를 들어 세포공학, 유전자공학, 게놈공학에서는 나노-마이크로기구를 리용하여 세포와 유전자, 게놈을 다룬다.

한편 생물공학의 발전은 나노-마이크로소편제작을 비롯한 나노기술의 발전을 촉진시킨다.

나노생물기술은 나노척도의 생물학적원리를 리용하여 새로운 현상을 발견하며 나노생물소자와 생물콤퓨터, 분자로 된 기계(분자기계) 등을 만들어내는것을 주요목표로 하고있다.

2. 나노생물기술의 리용

나노생물기술은 우선 게놈의 해석에 리용되고있다.

사람의 게놈은 약 30억개의 염기쌍으로 이루어졌는데 염기쌍사이의 거리가 0.34nm수준이므로 나노메터관찰기술이 적용되여야 한다.

지금까지 3만개이상의 유전자자리가 밝혀지고 어느 유전자가 어느 기관에 대응되는가를 확정했다. 례를 들어 사람의 눈알형성유전자, 신경분렬증유전자, 로인천치증유전자, 일부 악성질병을 예방하는 유전자들을 발견하였다.

앞으로 사람게놈해석에 기초하여 암을 비롯한 악성질병을 진단 및 예방하고 매 사람의 유전자구성특성에 맞는 치료약이 개발될것이다.

유용미생물, 벼, 돼지, 잉어 등의 게놈도 나노생물기술에 의하여 해석되고있다.

나노생물기술은 또한 분자기계를 만드는데 리용된다.

나노기술에 토대하여 생물학이 급속히 발전하면서 생물은 분자기계를 가지고있으며 생물개체 하나도 보통의 기계와 비슷한 일종의 유연한 기계라고 볼수 있다는것이 밝혀지고있다. 특히 나노기술에 의하여 세균초리털발동기, 미세소관의 운동, 힘살수축때 악틴섬유의 이동 등의 물림새가 밝혀지면서 단백질을 비롯한 고분자물질로 된 분자기계를 만들어내려고 하고있다.

생각하기

세균초리털발동기는 세균의 어느 부분에 있으며 어떤 역할을 하겠는가?

나노생물기술은 다음으로 생체분자로 된 생물소자와 DNA콤퓨터를 만드는데 리용되고있다.

규소 및 규소화합물로부터 발전한 반도체미세가공기술도 오늘에 와서는 한계점에 도달하였기때문에 이 재료를 리용하는 기술로 미세한 전자회로소자를 만드는것

은 어렵게 되였다. 그리하여 생체분자를 리용하여 매우 미세한 소자를 만들기 위한 방법이 제기되였다.

례를 들어 나노수준의 반도체극미세가공기술로 DNA, 단백질 등을 리용하여 생물체의 정보처리능력에 가까운 DNA소편을 비롯한 생물마이크로소편을 만들었다.

DNA소편은 반도체극미세가공기술을 리용하여 높은 밀도로 한오리의 서로 다른 많은 올리고누클레오티드를 붙인 2cm^3이하의 규소쪼각이다. 측정하려는 DNA에 형광표식을 한 다음 소편의 겉면에 붙이고 형광현미경으로 형광신호가 나타나는 위치를 찾는다. 바로 이 위치는 기판의 올리고누클레오티드와 측정해석하려는 DNA사이에 상보적결합으로 잡종화된 곳이다.

그러므로 한번의 실험으로 수많은 누클레오티드의 염기배렬을 알아낼수 있다. DNA소편에 의하여 지난 시기에는 2시간 걸린 DNA해석을 1분동안에 할수 있게 되였다.

생각하기

DNA소편은 반도체에서 어떤 집적회로와 같은것인가?

한편 나노생물기술을 리용하여 DNA콤퓨터를 만들었다.

DNA콤퓨터는 DNA의 자가복제능력과 A와 T, G와 C가 결합하는 원리를 리용하여 만들어졌다.

전자콤퓨터는 두개의 신호 《0》과 《1》에 기초하여 계산을 진행하지만 DNA콤퓨터는 수자를 대응하는 염기배렬로 바꾼 다음 이 염기배렬을 조작할 때 생기는 새로운 염기배렬을 다시 수자로 되돌려 계산한다.

DNA콤퓨터는 지금의 고성능콤퓨터에 비하여 계산속도가 훨씬 빠르고 전기가 필요없으며 따라서 에네르기효률이 아주 높다.

지금 DNA콤퓨터는 게놈해석에 리용되고있다.

앞으로 사람의 뇌수와 비슷한 기능을 가진 생물콤퓨터도 만들수 있을것이다.

이밖에 나노생물기술은 생물이 가지고있는 우수한 물질인식기능을 리용 또는 모방한 생물나노수감기, 인공심장용재료를 비롯한 생물의학용재료, 병든 부분에 필요한 시간안에 약물을 운반하는 약물운반체계의 개발과 제작에 널리 리용되고있다.

문 제

1. 생물공학과 나노기술은 서로 어떻게 련관되여있는가?
2. DNA콤퓨터에서는 왜 전기가 필요없는가?

제 4 절. 생물학의 전망

· 생물학의 발전추세와 전망은 무엇인가?

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《학생들은 세계생물학발전추세에 민감하여야 하며 현대생물학의 새로운 분야를 개척하기 위한 과학탐구를 힘있게 벌려야 합니다.》

생물학분야에서는 생명현상연구에 수학, 물리학, 화학 등 여러 분야에서의 성과들과 현대적인 수단, 방법들을 적용하게 되면서 눈부신 발전을 이룩하고있다.

특히 1950년대부터 생물의 유전물질인 데핵산의 구조와 기능, 유전정보의 전달과 조절의 물림새가 밝혀지면서 생명현상의 본질을 핵산, 단백질을 비롯한 중요생체물질의 구조와 기능, 그것들사이의 련관에 기초하여 해석하는 분자생물학이 발전하게 되였다.

분자생물학이 발전함에 따라 생명현상의 물질적본태와 물림새가 더욱 깊이 밝혀지고 세포공학, 유전자공학, 게놈공학을 비롯한 응용분야들이 새롭게 개척되였다.

그러나 지금까지의 생물학에서는 생명현상을 여러가지 측면에서 종합적으로 깊이 밝히지 못하였고 그 성과를 실천에 적용하기 위한 방도연구에서도 일정한 부족점이 있었다. 이러한 부족점을 없애기 위하여 생명의 비밀을 여러가지 측면에서 깊이 연구하고 그 성과를 리용하여 알곡과 남새, 고기, 물고기, 알을 비롯한 농산물과 축산물, 수산물의 생산을 훨씬 늘이며 사람들의 건강을 증진시키고 생태환경을 보호하는데 적용할것을 목적으로 하는 종합적인 학문인 생명과학이 나오게 되였다.

생명과학은 정보과학과 함께 1980년대이후 자연과학가운데서 제일 연구가 활발한 분야의 하나로 되였으며 경제발전과 사람들의 생활에 결정적인 영향을 미치고있다.

생명과학분야에서는 이미 사람게놈구조해석, 줄기세포연구, 클론동물과 유전자전이동물만들기, 내장기관이식 등에서 이룩된 성과에 기초하여 날이 갈수록 세계적으로 중요한 문제로 제기되고있는 식량, 에네르기자원, 난치병예방과 치료, 환경보호 등을 해결하기 위한 연구사업을 힘있게 벌리고있다.

그러면 한창 연구중에 있는 주요문제들과 그의 전망은 어떠한가.

생명과학분야에서는 첫째로, 게놈에 대한 연구에 힘을 넣고있다.

2003년 사람게놈의 염기배렬순서를 확정한 후 게놈에 대한 생명과학연구는 제2단계에 들어갔다고 말할수 있는데 그의 주요목표는 사람게놈의 1차구조해석이 끝난데 기초하여 매 유전자들의 위치와 기능을 밝히는것이다. 이것이 밝혀져야 실제적으로 응용할수 있다. 그러나 기능해석은 아직 진행중에 있다. 게놈에 대한 연구에서는 주요미생물과 식물의 게놈해석을 진행하는것도 목표로 하고있다.

유전자기술을 응용하여 유전자왁찐, 유전병의 유전자진단, 개인유전자신분증 등을 해결할것을 계획하고있다.

생명과학분야에서는 둘째로, 유전자전이기술의 연구와 응용에 힘을 넣고있다.

20세기말 유전자전이담배, 벼와 유전자전이총명쥐 등을 얻은 후 유전자전이동식물들이 적지 않게 얻어졌다. 유전자전이기술의 중요한 목적은 세계적으로 날로 심각해지고있는 먹는 문제를 해결하는것이다.

유전자전이방법으로 생산성이 높고 품질이 좋으며 불리한 조건에 대한 저항력이 센 품종들을 얻을수 있으므로 사람들의 건강과 생태환경에 해를 끼치지 않도록 하는것을 전제로 하면서 이 기술은 계속 발전하고있다.

생명과학분야에서는 셋째로, 클론기술과 줄기세포배양기술의 연구와 응용에 계속 큰 힘을 넣고있다. 그리고 클론동물만들기기술과 유전자전이기술이 서로 배합되여 새로운 좋은 품종을 만들어내고 유전병을 치료하며 약을 생산하기 위한 연구도 힘있게 진행되고있다. 앞으로 유전자전이클론동물의 젖을 리용하여 귀중한 약을 손쉽게 다량생산하는 《클론동물제약공장》이 생겨나게 될것이다.

넷째로, 생명과학분야에서는 유전자치료에도 힘을 넣고있다.

유전자치료는 병을 일으키는 유전자자체의 결함을 고치거나 유전자를 교체하여 정상유전자의 작용이 나타나게 함으로써 병을 치료하는 방법이다.

유전자치료에서는 우선 DNA진단을 한다. DNA진단은 DNA염기배렬을 정상배렬과 비교하여보고 변화된 부분을 찾아 병의 유무와 종류를 알아내는 방법이다.

DNA진단후 결함있는 유전자를 수정하거나 교체한다.

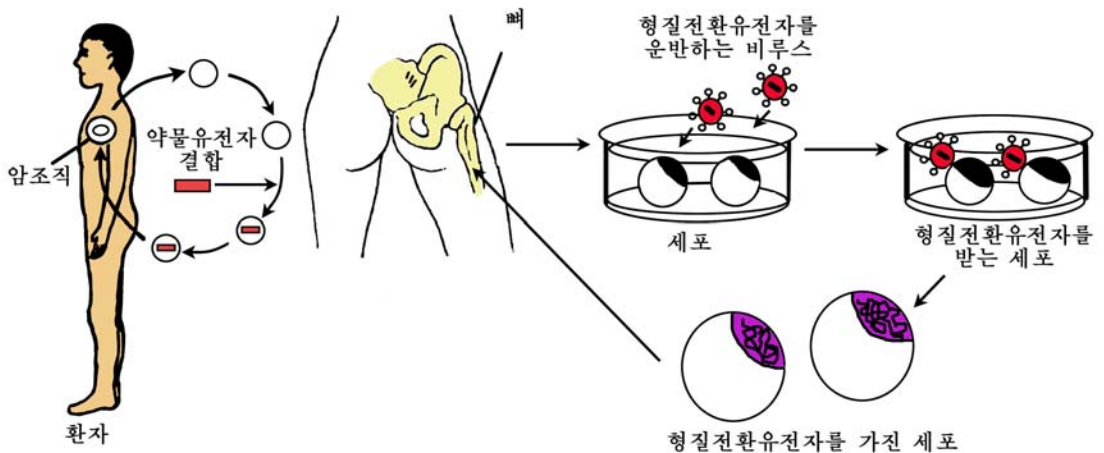



그림 4-18. 유전자치료

유전자치료의 주요대상은 혈우병, 지중해빈혈, 암, 관절염, 심장혈관병 등 15가지이상의 고치기 어려운 병들이다. 유전자치료에서는 목적하는 유전자를 정확히 파녁세포에만 넣어주어 효과적으로 형질을 발현시키는 문제가 중요하게 제기된다.

1990년에 어느 한 나라에서 사람에 대한 유전자치료에 처음 성공한 후 지금까지 적지 않은 성과들이 이룩되였다.

백혈병에 걸린 4살 되는 녀자어린이에게서 피를 뽑고 흰피알을 분리한 다음 거기에 정상유전자를 넣어주었다. 그리고 그 흰피알을 인공배양하여 증식시킨 다음 10억개정도의 세포를 다시 몸안에 넣어주어 병상태를 개선하였다.

지금 학자들은 여러가지 병과 관련된 유전자, 질병유전자와 기타 유전자 및 환경과의 호상작용 등의 문제를 깊이 연구하고있다.

앞으로 2020년에 가면 유전자치료는 하나의 보편적인 병치료방법으로 될것이며 이렇게 되면 새 세기에 사람들의 건강증진과 의학분야에서 큰 변혁이 일어날것이다.

생명과학분야에서는 다섯째로, 생태환경과 생물다양성보호에 큰 힘을 넣고있다.

세계적으로 경제가 발전하는데 맞게 환경보호대책을 잘 세우지 않아 환경오염, 생태파괴, 생물다양성손상 등 여러가지 문제들이 생겨 사람들의 생존과 사회의 발전이 큰 지장을 받고있다.

생명과학분야에서 생물다양성보호에 큰 주의를 돌리고있는것은 생물다양성이 경제발전과 사람들의 생활에서 큰 의의를 가질뿐아니라 하나의 생물종이라도 없어지면 다시 생겨나게 할수 없기때문이다.

생명과학분야에서는 이밖에도 세계적으로 천연에네르기자원이 점점 줄어들고있는것과 관련하여 미생물과 효소를 리용하여 생체물질로부터 연료와 전기를 다량생산하는 문제, 정신분렬증을 비롯한 뇌수와 관련된 병의 원인, 학습과 기억, 언어활동, 의식, 운동조절의 본질 등에 대한 연구도 힘있게 진행되고있다. 사람의 기억이나 동물의 운동조절을 잘 모방하면 훌륭한 생물로보트도 만들어낼수 있을것이다.

21세기는 생명과학의 세기라고도 말할수 있다.

우리는 생명과학의 발전추세와 전망을 잘 알고 생물학습을 더 잘하여 사회주의 강성대국을 건설하기 위한 투쟁에서 앞장서나가야 한다.

1. 생명과학을 왜 발전시켜야 하는가?

2. 우리 나라의 생명과학을 빨리 발전시키는데서 나서는 주요한 문제는 무엇인가?

참 고

사람의 게놈지도 보는 방법

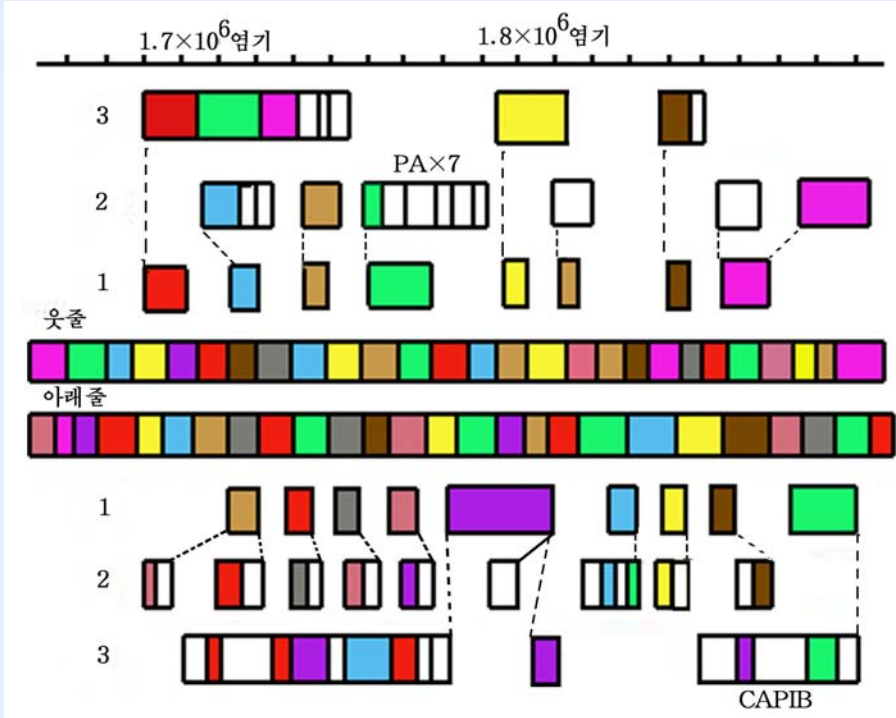



그림 4-19. 사람의 게놈지도

그림에서 가운데 여러가지 색으로 표시된 웃줄은 게놈DNA의 옮겨베끼기방향에 따르는 유전자의 배렬이다. 즉 웃줄은 mRNA합성이 왼쪽에서 오른쪽으로, 아래줄은 오른쪽으로부터 왼쪽으로 가는 부분방향을 나타낸다.

가운데 2줄을 중심으로 하여 아래우에 부분적인 토막들로 표시된 곳(1, 2, 3)은 유전자와 그를 확대한것이다.

1번줄은 유전자이다.(㎝당 6×10^6염기이다.) 2번과 3번줄의 해당한 토막부분들은 1번줄의 유전자를 확대한것이다. 색갈에 따라서 유전자부분을 갈라보는데 진하게 표시한 1번유전자는 세포골격단백질규정유전자이다. 그것을 확대한 3번의 흰 부분은 의미가 없는 부분(인트론)이다.

유전자기능표시는 다음과 같은 색갈로 하였다.

풀 색: 세포분렬주기조절유전자
노란색: 나르개단백질유전자
붉은색: 세포골격단백질규정유전자
밤 색: 신호전달에 관계하는 유전자
진밤색: 운반단백질유전자
보 라 색: 효소단백질유전자
연붉은색: 핵산결합유전자
연푸른색: 종양억제유전자
재 색: 세포접착과 관련한 유전자
진분홍색: 면역방어단백질유전자

【실습】 클론토끼만들기

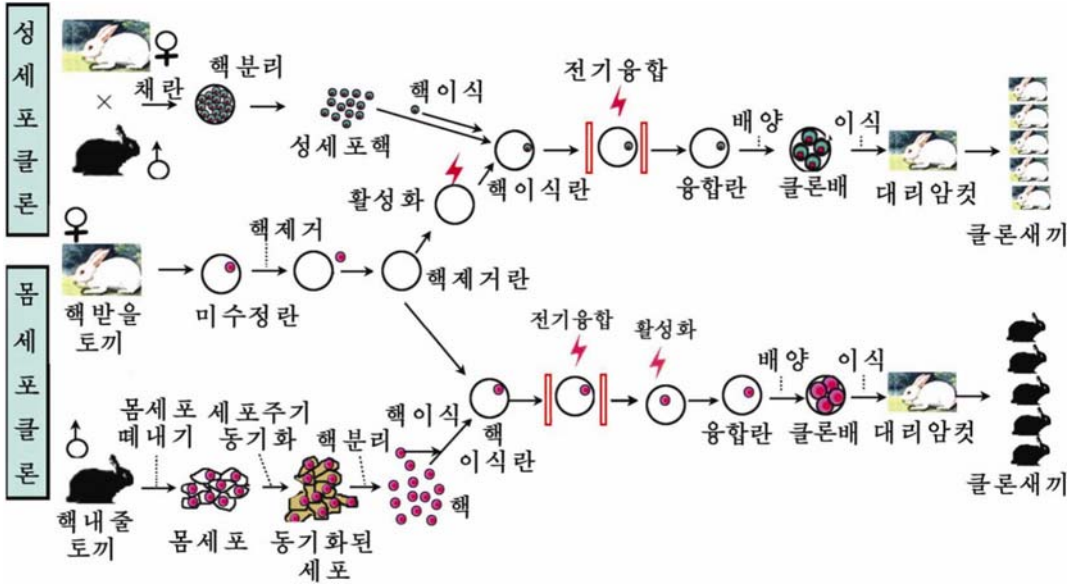



그림 4-20. 동물클론화기술공정도

준비

재료

성숙기에 이른 암토끼와 수토끼

설비

립체현미경, 미세조작기, 정온기(CO_2배양기), 무균조작대, 고압멸균기, 인장기, 가공기, 연마기, 극동기, 전자천평, 전기세포융합기, 자동탈염증류수기, 전압안정기, 자외선등

기구

해부판, 고정끈, 카테테르, 봉합사(장선 또는 명주실), 봉합바늘, 겸자, 수술가위, 주사기(1mL, 10mL) 5개, 알콜등, 자동피페트(10~100μL) 2개, 에펜도프관(200μL, 1mL) 10개, 세균려과기 5개, 샤레 20개, 배양모세관 20개, 피페트촉 20개, 핀세트, 유리모세관 10개, 시약병(10mL, 100mL), 손피페트(각종 규격), 실리콘마개

시약

PMSG 200IU, HCG 250IU, 조작액 100mL, 배양액 100mL, 0.1% 히아제 200μL, 0.5% 프로테아제 200μL, CB용액 200μL, 융합액 10mL, PBS 10mL, 류동파라핀 10mL,

초순수증류수 500mL, 케타민 1mL, 페니실린 100만단위 1대, 70% 에타놀(소독용), 크레졸, 스트렙토미찐 100만단위 1대

※ 조작액, 배양액, 융합액, PBS액의 조성은 3. 클론기술의 3) 시약준비를 참고할것

방법

실험방법은 3. 클론기술에서 4) 실험방법과 같다.

그림 4-21. 미세조작기

분석과 토론

○ 핵을 없앤 미수정란에 갈림쪽을 넣는 방법에는 어떤것들이 있으며 어느 방법이 제일 좋은가?

○ 융합활성화된 란세포를 배양액속에서 배양하면 모든 란세포가 다 수정란이 분렬하는것처럼 분렬하겠는가?

결과처리

클론동물만들기공정을 도식으로 그려라.

콤퓨터응용문제

1. 빛합성과 세포숨쉬기의 물림새를 콤퓨터로 그려라.
2. 신경계통과 호르몬에 의한 항상성조절물림새를 콤퓨터로 그려라.
3. Access프로그람을 리용하여 혁명의 성산 백두산의 생물상의 정보자료기지를 만들어라.
4. 조선지도에 자연보호구를 표시하고 거기에서 살고있는 대표동식물들을 나타내는 프로그람을 만들어라.
5. 논벼품종들의 특성에 대한 정보자료기지를 만들고 두벌농사에 맞는 우량논벼초형을 설계하여라.
6. 유전자전이클론동물에 대한 정보자료기지를 만들고 우량한 유전자전이클론토끼를 설계하여라.

찾아보기

숨쉬기결수	25	coefficient of respiration	коэффициент дыхания
숨쉬기속도	25	rate of respiration	скорость дыхания
신경섬유	41	nerve fibre	нервное волокно
신경세포	42	nerve cell	нервная клетка
생물권	80	biosphere	биосфера
생물공학	112	biotechnology	биотехнология
생물다양성	108	biodiversity	видовое разнообразие
생물로보트	148	biorobot	биоробот
생존경쟁	87	struggle for life	борьба за существование
생태계	95	ecosystem	экосистема
생태환경	105	ecotope	экотоп
세균빛합성	7	bacterial photosynthesis	бактериальный фотосинтез
세포공학	113	cell engineering	клеточная инженерия
세포성면역	67	cellular immunity	клеточный иммунитет
세포융합	117	cell fusion	слияние клеток
전능성	115	totipotency	тотипотентность
전자전달계	25	electron transmissible system	система переноса электрона
접합부	45	synapse	синапс
조직배양	113	tissue culture	культура ткани
중매체	46	mediator	медиатор
질소동화	32	nitrogen assimilation	усвоение азота
질소순환	96	nitrogen cycle	цикл азоты,азотистый цикл
제한효소	134	restriction enzyme	рестриктаза
제영양생물	7	autotroph	автотрофный организм
체액	59	body fluid	жидкость тела
체액성면역	67	humoral immunity	гуморальный иммунитет
취장섬	52	pancreatic island	панкреатический островок
카로티노이드	12	carotinoid	каротиноид
클론화	120	cloning	клонирование
캘빈순환	17	Calvin cycle	цикл Калвина
탄소순환	95	carbon cycle	углеродный цикл

편 찬 위 원 회

김 용 진 , 김 영 인 , 한 성 일 , 강 영 백 , 김 필 순 ,

김 창 선 , 류 해 동 , 김 원 범

총편집 교수 박사 로명숙

생물(제1중학교 제6학년용)

2판

집 필	교수 박사 최영휘, 교수 박사 로명숙, 부교수 오일진, 부교수 리대영, 리정수, 김정옥	**심 사**	심의위원회
편 집	조승혁	**장 정**	공훈예술가 김의관
콤퓨터편성	김영복, 강정련, 문혜영, 한순희	**그 림**	류혜경, 조대훈
기술편성	최순희	**교 정**	오혜란
낸 곳	교육도서출판사	**인 쇄 소**	평양고등교육도서인쇄공장
		1판발행	주체96(2007)년 10월 22일
2판인쇄	주체99(2010)년 4월 1일	**2판발행**	주체99(2010)년 4월 10일

교-10-520 값 30원